SP4.RO

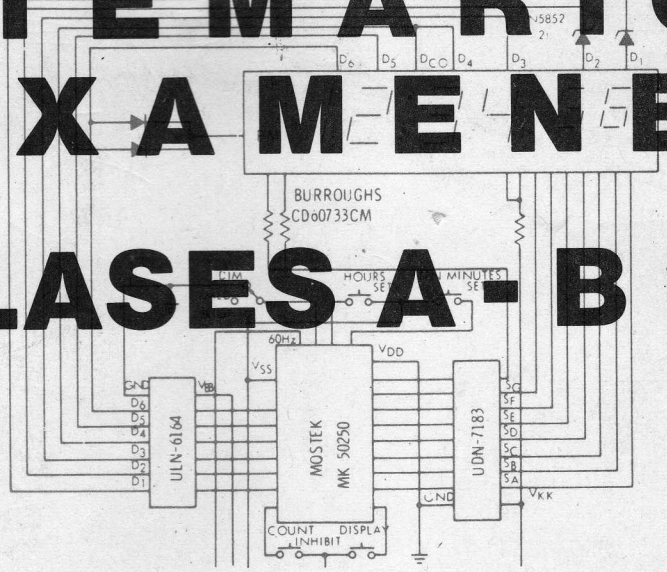
PORTAVEU

AGRUPACIÓ RADIOAFICIONATS CALELLA

ARC

BUTLLETÍ INFORMATIU

TEMARIO EXAMENES CLASES A - B y C



TOMO II

Por D. Juan Aliaga Arqué - E A 3 - P I

(Segunda Parte)

ELECTRICIDAD Y RADIOELECTRICIDAD

SEGUNDA PRUEBA

RADIOELECTRICIDAD

Clases A y B

Circuitos de corriente alterna con resistencia, autoinducción y capacidad en serie - Reactancia e impedancia - Condición y frecuencia de resonancia: sobretensiones - Circuito resonante paralelo sencillo - Condición y frecuencia de resonancia - Sobreintensidad - Factor de calidad de un circuito - Curvas de resonancia - Selectividad - Idea general de filtros eléctricos y sus aplicaciones.

Clase C

Efecto de las bobinas y de los condensadores en los circuitos - Idea del fenómeno de la resonancia.

Circuitos de corriente alterna con resistencia, auto- A-B
inducción y capacidad en serie.

La figura muestra un circuito serie conteniendo R, L y C, (aquí la Fig. 1.R) caracterizado fundamentalmente por la circulación de la misma corriente I a través de los tres componentes y por la distinta caída de tensión (salvo en casos especiales) en cada uno de estos tres componentes.

La caída de tensión en la resistencia, de acuerdo con la Ley de Ohm, es Vr = I.R y esta tensión entre extremos de R se halla en fase con la corriente. La caída de tensión en L es $V_L = I.X_L$ siendo

X_L la REACTANCIA u oposición que presenta la bobina a las variaciones de la corriente alterna e igual a 6,28 veces la frecuencia F (producto $2\pi F$ "dos-pi-efe" conocido como "pulsación" y designado por la letra griega omega minúscula, ω) multiplicado por la inductancia L. Esta caída de tensión, al producirse entre extremos de una bobina, se halla desfasada en 90°de adelanto con respecto a Vr.

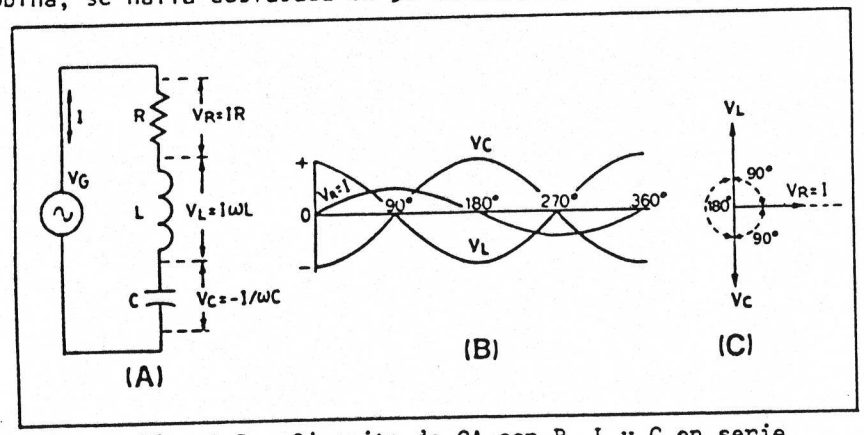


Fig. 1.R - Circuito de CA con R, L y C en serie

Finalmente, la caída de tensión en el condensador C es igual a $V_C = I.X_C = -1/\omega C$, expresión dotada de signo negativo para indicar que dicha tensión se halla desfasada en 90° de retraso con respecto a V_R.

La situación de las fases de V_R, V_L y V_C en este circuito es la mostrada en la figura B en la que puede verse claramente que V_L y V_C se hallan "en oposición de fase" y por lo tanto de polaridad restando sus efectos para dar conjuntamente una diferencia de tensión en favor de la reactancia que sea mayor y que tanto puede ser la capacitiva como la inductiva, según sean los valores de capacidad y de inductancia empleados en el circuito. Teniendo en cuenta los desfasamientos, la expresión vectorial del circuito será la mostrada en la figura C (Fig. 1.R-C) en la que la longitud de cada vector representa a escala la magnitud o valor numérico de la caída de tensión en cada componente, según se indica, y su situación relativa indica los desfasamientos existentes entre dichas tensiones.

Reactancia e impedancia

A-B

La oposición de la bobina y del condensador a la circulación de la corriente alterna sin consumir energía de la misma es la REACTANCIA, X, que se mide en ohmios reactivos y cuyo valor depende, además de la inductancia y de la capacidad, de la frecuencia, lo que no ocurre con la resistencia.

Pero X_L y X_C (reactancia inductiva y reactancia capacitiva) dan lugar a desfasamientos opuestos y producen efectos contrarios, siendo que la primera aumenta de valor al aumentar la frecuencia y la segunda disminuye de valor al aumentar la frecuencia (recordemos que $\omega = 6,28 \times F$, y que dicha ω multiplica en X_L y divide en la fórmula de X_C).

Pero es igualmente cierto que el generador V_G proporciona una tensión eficaz que, cualquiera que sea su frecuencia, origina la circulación de una determinada corriente eficaz, I, por el circuito. Si V_G fuera una tensión de corriente continua de valor igual al eficaz, habría un determinado valor de resistencia que permitiría la circulación de la misma intensidad I en corriente continua. A este valor equivalente en continua se le denomina IMPEDANCIA, se le expresa con el símbolo Z y viene matemáticamente determinado por la ecuación:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \text{ohmios}$$

expresión que geométricamente es igual al valor de la diagonal del rectángulo cuyos lados fueran respectivamente R y $X_L - X_C$ ó $X_C - X_L$, según que la reactancia preponderante o mayor fuera la inductiva o la capacitiva. De la figura vectorial C, pasamos lógicamente a una de las figuras 2 (Fig. 2.R) suprimiendo el factor I que es común en los tres vectores.

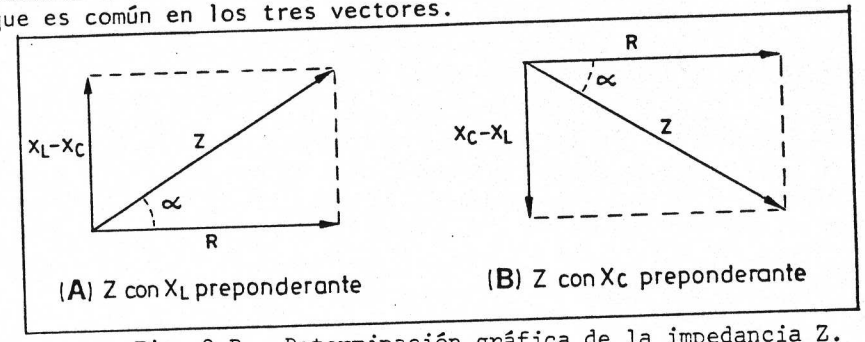


Fig. 2.R - Determinación gráfica de la impedancia Z.

Si Z es equivalente a una resistencia en corriente continua, la Ley de Ohm en corriente alterna será igualmente válida substituyendo R por Z, de manera que:

$$I = E/Z \qquad E = I.Z \qquad Z = E/I$$

Condición y frecuencia de resonancia

A-B

Si en el circuito de la figura 1 (Fig. 1.R-A) se aumenta el valor de la frecuencia de la tensión proporcionada por el generador V_G, el valor de la reactancia X_L irá en aumento y el valor de la reactancia X_C irá disminuyendo. Podrá llegar un momento en que los valo-

res absolutos, numéricos, de las dos reactancias se igualen, aunque seguirán siendo de distinto signo, con lo que V_C y V_L serán consecuentemente de igual amplitud en (B) de la figura y los vectores V_L y V_C tendrán igual longitud, todo tal como está representado en la repetida figura, en C.

La reactancia resultante será entonces igual a cero ($X_L - X_C = 0$) y como ninguno de los dos componentes reactivos, L y C, absorben energía, el circuito se comportará como si sólo existiera R. En este momento el circuito sera RESONANTE y circulará por el mismo LA MAYOR INTENSIDAD DE CORRIENTE POSIBLE, limitada únicamente por la resistencia R.

Si se alteran o cambian los componentes L y/o C por otros de distintos valores de inductancia y capacidad, la frecuencia a la cual se producirá la igualdad $X_L = X_C$ será distinta (salvo por casualidad).

En cualquier caso, la condición de resonancia será siempre la igualdad $X_L = -X_C$ y la frecuencia de resonancia aquélla para la cual se produzca esta igualdad (sólo y exclusivamente una). Desarrollando la igualdad anterior, la fórmula matemática de la frecuencia de resonancia queda expresada por

$$Fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

A-B

Sobretensiones

El fenómeno de la sobretensión se caracteriza por la aparición de valores de tensión entre extremos de la bobina y del condensador del circuito superiores en diez o más veces al valor de la tensión aplicada al circuito por el generador, V_G, alcanzando sus valores máximos precisamente en los circuitos resonantes.

El fenómeno ocurre debido a que las dos reactancias presentan valores ohmicos mucho más elevados que el de la resistencia del circuito R, pero cancelan mutuamente sus efectos, anulándose entre sí. La reactancia del circuito es nula y por lo tanto circula por él la máxima corriente (si X = 0, Z = R) de lo que resultará una mayor caída de tensión en la inductancia y en la capacidad. Pero la tensión entre extremos de L alcanza su máximo positivo cuando la tensión en C presenta su máximo negativo y el resultado del conjunto será cero. Se establece un cambio constante, por ciclo, entre las energías almacenadas en la bobina y en el condensador que se compensan entre sí, dan lugar a la sobretensión, pero no afectan a la energía suministrada por el generador, cuya corriente no alteran.

A-B

Circuito resonante paralelo sencillo

El circuito resonante paralelo, llamado también "circuito antirresonante" en atención a su aspecto funcional, está constituído por la conexión en paralelo de una bobina L y un condensador C. Normalmente se desprecia la pequeña resistencia que representa el conductor de L, si bien esquemáticamente se la representa en la rama correspondiente puesto que puede cobrar gran importancia. La figura (aquí la Fig. 3.R) muestra el esquema de esta clase de circuitos.

Si ignoramos la conexión del generador, podemos considerar que las reactancias y la resistencia continuan estando en serie, con lo que la única diferencia con el circuito serie anteriormente descrito estará en que aquél incluye el generador en el eslabón L-C-R y en éste el generador queda excluído de dicho eslabón. Esta idea facilita la comprensión del funcionamiento del circuito paralelo en su frecuencia de resonancia.

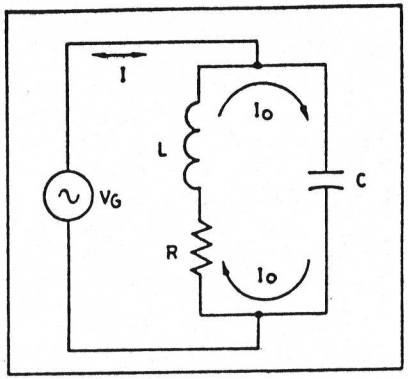


Fig. 3.R - Circuito paralelo.

A la frecuencia de resonancia, la intensidad de corriente a través del condensador es igual a la intensidad de corriente que circula por la inductancia, con un desfasamiento entre las dos corrientes de 180°, anulándose mutuamente, por lo que se refiere al exterior del eslabón. El intercambio constante de energía entre L y C no afecta a la corriente suministrada por el generador, pero da lugar a una corriente Io por el interior del eslabón varias veces más intensa que la corriente I suministrada por aquél.

En condiciones ideales de ausencia de resistencia R, la corriente Io no disiparía ninguna energía ni en L ni en C y tendría una duración ilimitada, pero como inevitablemente existe una R en el devanado de L, no puede evitarse una ligera pérdida de energía que es repuesta por I, de intensidad mucho más débil.

Justo a la frecuencia de resonancia, la corriente de línea I es mínima y la corriente en el interior del eslabón es máxima, dando lugar a que entre los extremos de L y de C, particularmente consideradas, aparezcan unas tensiones muy superiores a la tensión V_G aplicada por el generador, de donde el circuito paralelo se convierte también en un amplificador de tensión con la aparición de las correspondientes sobretensiones.

Al ser mínima la corriente I en la resonancia, debe ser máxima la impedanzia Z ofrecida por el circuito, motivo por el que el circuito paralelo resonante viene a ser y se le llama, un circuito tapón para su frecuencia de resonancia, condición totalmente opuesta a la del circuito serie en el que la impedancia es mínima (y la corriente

máxima) en su frecuencia de resonancia. El valor de la impedancia de un circuito paralelo resonante es igual a Zr = L/CR.

Condición y frecuencia de resonancia A-B

Hallándose igualmente en serie entre sí los componentes L, C y R del circuito paralelo, la condición de resonancia es la misma que en el circuito serie; se produce cuando se cumple la condición de que la reactancia de la rama capacitiva tiene el mismo valor que la reactancia de la rama inductiva. En consecuencia la frecuencia de reonancia viene determinada por la misma fórmula que en los circuitos serie.

Sobreintensidad A-B

Así como en el circuito serie se producían sobretensiones, en el circuito resonante paralelo se producen sobreintensidades (intensidad Io superior a I en la figura) motivadas igualmente por el constante cambio de energía almacenada en L y en C en cada ciclo de la corriente alterna y cuya pérdida en calor sólo ocurre en R.

Factor de calidad de un circuito A-B

Se entiende por factor de calidad o "Q" de un circuito a la relación que existe entre los valores de su reactancia y de su resistencia. Como la resistencia se supone concentrada en la bobina y, en la resonancia, las reactancias inductiva y capacitiva son iguales, el factor de calidad $Q = X_L/R$.

Este valor Q es igual a la relación entre la sobretensión de L o de C y la tensión del generador aplicada al circuito V_G en las disposiciones serie, y es igual a la relación entre las corrientes circulante, Io, y suministrada I, en los circuitos paralelo. O sea que:

$$Q = X_L/R \qquad Q = V_L/V_G \text{ (serie)} \qquad Q = Io/I \text{ (paralelo)}.$$

Curvas de resonancia A-B

Las curvas de resonancia son los gráficos representativos de las variaciones de corriente y de tensión que experimentan respectivamente los circuitos resonantes serie y paralelo al variar la frecuencia del generador que los alimenta, manteniéndose constante su tensión de salida y los valores de L y C del circuito alimentado. Tiene la forma de campana (al objeto de no repetir conceptos, se aconseja estudiar el tema sobre las respuestas de clase C que siguen un poco más adelante).

Selectividad A-B

Es la propiedad que tienen los circuitos resonantes de permitir la circulación de una mayor corriente a través de L y C cuando se activan a su frecuencia de resonancia y que determina la propiedad

de poder seleccionar una frecuencia con respecto a todas las demás gracias a la mayor intensidad de corriente que produce a través de L y C. La selectividad está íntimamente relacionada con el factor de calidad Q de los circuitos (Igual nota que en la respuesta anterior).

Idea general de filtros eléctricos y sus aplicaciones A-B

Puesto que los circuitos resonantes son selectivos, las combinaciones de los mismos pueden utilizarse para constituir "células de filtro" que según sea su cometido toman las denominaciones de:

Filtro pasa-bajos - El que permite el paso de todas las frecuencias por debajo de una frecuencia determinada llamada de corte y se opone, atenua o anula las corrientes de frecuencias superiores a la de corte. Típicamente aplicado entre la salida de los emisores HF y la antena radiante para evitar interferencias (salida de señal) a los canales de VHF o frecuencias superiores.

Filtros pasa-altos - El que permite el paso de todas las frecuencias por encima de su frecuencia de corte y atenúa o anula las corrientes de frecuencias inferiores a la de corte. Halla aplicación en los emisores de VHF para evitar la radiación de frecuencias inferiores interferentes y en los televisores, por ejemplo, para evitar la interferencia de las radiaciones de frecuencias inferiores a la de recepción.

Filtro paso de banda - Disposición compleja o combinada que permite el paso, sin excesiva atenuación, de una determinada banda o grupo de frecuencias consecutivas y rechaza o atenua considerablemente cualesquiera otras frecuencias superiores o inferiores a dicha banda. Se le utiliza típicamente en recepción y contribuye a la obtención de selectividad.

Filtro rechazo de banda - Disposición compleja que rechaza una determinada banda de frecuencias y permite el paso de todas las demás que se hallen fuera de dicha banda, con ninguna o muy poca atenuación. Típicamente utilizados a la entrada de los receptores para eliminar las interferencia de todas aquellas señales que se hallen fuera de la banda de sintonía pero que por su fuerza podrían afectarla.

Efecto de las bobinas y de los condensadores en los circuitos. C

En los circuitos de corriente continua se desprecia generalmente la resistencia de las bobinas ya que no presentan ninguna otra oposición al paso de la corriente y se considera a los condensadores como aislantes.

Pero cuando se aplica una tensión de corriente alterna a un circuito conteniendo inductancia (bobina) la cosa cambia por completo. Se

observa que la intensidad de corriente que circula por el mismo no es el resultado de la Ley de Ohm, sino que depende principalmente de la frecuencia de la propia corriente alterna.

Cuanto más elevada es esta frecuencia, menor es la intensidad circulante a pesar de ser igual la tensión aplicada, como muestra gráficamente la figura (Fig. 4.R) donde en A circula una corriente mucho más intensa que en B y, en consecuencia, mayor es la oposición o resistencia aparente (que no disipa calor) que presenta la bobina y a la que llamamos REACTANCIA. (Si el aspirante a clase C ha seguido la lectura para las clases A y B, el fenómeno estará perfectamente claro, tras cuanto se ha dicho anteriormente).

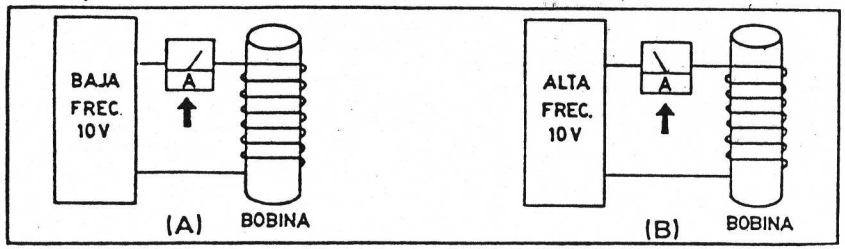


Fig. 4.R - Efecto de una bobina en un circuito de corriente alterna.

La bobina o inductancia permite el paso de la corriente continua a la que sólo limita por efecto de la resistencia del alambre que constituye sus espiras, pero dificulta el paso de la corriente alterna presentándole una oposición o reactancia tanto mayor cuanta más elevada es su frecuencia. Esta reactancia se mide en ohmios.

Los choques y en especial los choques de radiofrecuencia son bobinas cuya inductancia se utiliza para permitir el paso de la corriente continua a través de un circuito y, al mismo tiempo, impedir o bloquear la circulación de corriente alterna o de alta frecuencia por el mismo. El efecto de un choque, en este sentido, es inverso al de un condensador.

Efectivamente, la figura 5.R muestra en A y B cuál es el efecto de la frecuencia a igualdad de tensión aplicada sobre la corriente que circula por el circuito que contiene capacidad (condensador). Aquí cuanto más elevada es la frecuencia, mayor es la intensidad de corriente que circula. La reactancia capacitiva, X_C, medida en ohmios, obra a la inversa que la inductiva.

El condensador, con su capacidad, impide el paso de la corriente continua y al propio tiempo ofrece una facilidad de paso a la corriente alterna que es tanto mayor cuanto más elevada es la frecuencia de la misma, a igualdad de tensión y capacidad.

En los circuitos de corriente continua con capacidad, la circulación de corriente es nula excepto en los momentos de apertura y cierre del paso de corriente.

En radio se habla a menudo de "condensadores de desacoplamiento" indicando con ello la presencia de un condensador en un determinado circuito que permite el libre paso o desvía del mismo la corriente alterna de alta frecuencia evitando en cambio toda circulación de corriente continua a su través, para la que se comporta como un aislante.

Fig. 5.R - Efecto de una capacidad en un circuito de CA.

Los efectos de un condensador son inversos a los efectos de una bobina, en cuanto a la frecuencia de la corriente circulante. Dado este antagonismo, se le da un valor positivo a la reactancia inductiva X_L y un valor negativo a la reactancia capacitiva X_C. La reactancia es un valor óhmico que depende de la frecuencia y que no disipa energía, mientras que la inductancia (de la bobina) y la capacidad (del condensador) son características físicas propias del componente para las que nada tiene que ver la frecuencia.

C

Idea del fenómeno de la resonancia

Las bobinas y los condensadores no se utilizan exclusivamente como choques y elementos de desacoplamiento, sino que adquieren su mayor importancia en la combinación de ambos componentes para dar lugar a circuitos selectivos (resonantes) capaces de seleccionar señales (corrientes) según su frecuencia, rechazando a todas las de más de distinta frecuencia.

La bobina y el condensador pueden unirse o combinarse en serie o en paralelo, siendo de esta última forma como aparecen mayormente en los circuitos de radio.

Gracias al fenómeno de la resonancia, cuando bobina y condensador se hallan unidos en paralelo, la combinación se comparta como una oposición combinada o IMPEDANCIA de valor casi infinito sólo a una determinada frecuencia, precisamente llamada de resonancia. Cuando se hallan conectados en serie, la combinación anula sus respectivas reactancias para una sola y determinada frecuencia en la cual el valor positivo de la reactancia inductiva es igual al valor negativo de la reactancia capacitiva (condición de resonancia, $X_L = X_C$) permitiendo la circulación de una intensidad de corriente máxima sólo

en dicha frecuencia de resonancia.

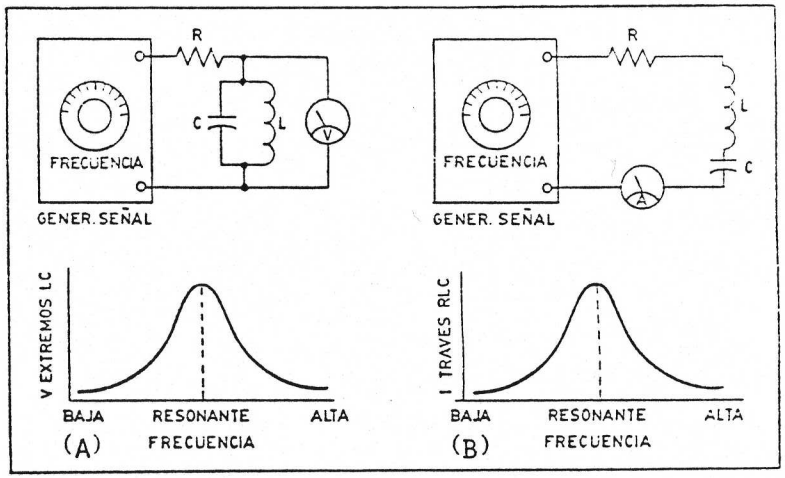


Fig. 6.R - Fenómeno de la resonancia.

La Fig. 6.R-A muestra la combinación paralelo del condensador C y la bobina L unida a un generador o fuente de señales de frecuencia variable mediante conductores cuya resistencia óhmica está simbolizada por R. Al propio tiempo se ha conectado un voltímetro entre los extremos del circuito LC paralelo, capaz de medir la diferencia de tensión entre extremos de la combinación LC. El generador presenta la misma tensión de salida a lo largo de todas las frecuencias determinadas por la posición de su mando o dial de sintonía.

Al girar este mando variando la frecuencia de salida del generador, se observa que las lecturas en el voltímetro siguen una curva como la mostrada en la parte inferior de la propia figura. La tensión medida es muy débil en las frecuencias más bajas (poca corriente a través de L y de C), seguidamente comienza a aumentar a medida que la frecuencia va subiendo y lo hace de una forma continuada hasta alcanzar un máximo o cresta en una determinada frecuencia, tras la cual las lecturas inician un descenso.

La curva resultante tiene la forma de campana e indica claramente que sólo existe una frecuencia para la cual la diferencia de tensión entre los extremos del circuito paralelo LC alcanza su valor máximo, incluso superior a la tensión de salida del propio generador. Esta frecuencia es la de resonancia del circuito.

Si el condensador y la bobina se unen en serie a la salida del generador y en lugar de un voltímetro se intercala un amperímetro también en serie, como está indicado en B de la propia figura 6.R, las

lecturas de intensidad de corriente en el recorrido de frecuencias del generador reproducen la misma curva de campana con un máximo de corriente justo en la misma frecuencia de resonancia hallada para el circuito paralelo. El circuito serie se comporta ahora como si no tuviera reactancia alguna por hallarse compensadas la inductiva y la capacitiva (iguales y de signo contrario) y sólo el valor de R limita la corriente al valor de la Ley de Ohm I = E/R.

La frecuencia de resonancia es aquélla para la cual se igualan los valores de las reactancias inductiva y capacitiva, o sea aquélla para la cual $X_L = -X_C$. Sólo hay una frecuencia que pueda cumplir con esta condición para cada valor de L y de C.

Las conclusiones más importantes del fenómeno de la resonancia son:

1) El circuito resonante paralelo actúa, a su frecuencia de resonancia, como una impedancia de valor muy elevado.

2) El circuito resonante serie actúa opuestamente, a su frecuencia de resonancia. Ofrece una impedancia mínima prácticamente igual a la resistencia que contiene.

3) La frecuencia de resonancia depende exclusivamente de los valores de L y de C (inductancia y capacidad). La resistencia R no interviene para nada en este aspecto. Prácticamente la frecuencia de resonancia depende del producto L.C.

Esto último significa que cada frecuencia de resonancia tiene un valor único del producto LC y que todos los valores de L y de C cuyo producto sea el mismo, tendrán igual frecuencia de resonancia, y ello tanto si se asocian en serie como en paralelo, aunque los efectos puedan ser distintos en el circuito donde se hallen (el aumento de L siempre representará la presencia de más resistencia en el circuito que el aumento de C). El circuito formado por una bobina de 10 mH y un condensador de 50 pF, lo mismo si es serie que paralelo, tiene la misma frecuencia de resonancia que si está constituído por una bobina de 50 mH y un condensador de 10 pF, o por una bobina de 25 mH y un condensador de 20 pF, etc.

Clases A y B

Transformadores para audiofrecuencia y alta frecuencia. Aplicaciones.

Transformadores para audiofrecuencia y alta frecuencia A-B

Siempre que dos bobinas presentan inducción mutua, pueden constituir un transformador. Sin embargo este componente tiene una constitución muy diferenciada según sea la frecuencia a la que esté des-

tinado a trabajar. Las bobinas para los transformadores de red y para las frecuencias de audio (hasta aproximadamente 15.000 Hz) van devanadas sobre núcleos de hierro laminado y tienen un número de espiras elevado, mucho mayor que las bobinas de los transformadores para alta frecuencia, generalmente devanados sobre formas aislantes con conductor más delgado (excepto en los emisores).

Los núcleos de hierro y el mayor número de espiras son necesarios en las bajas frecuencias dado que en ellas el campo magnético producido, a 50 Hz por ejemplo, varía mucho más lentamente que el producido por una frecuencia de 7 MHz (140.000 veces más rápido) y por esta causa se precisan muchas más espiras y una mayor permeabilidad del núcleo en baja frecuencia, para la obtención de igual o parecida tensión inducida.

En cualquier caso, el primario siempre es el devanado conectado a la fuente de señal y el secundario el devanado conectado a la carga. La tensión y la corriente de secundario se hallan siempre en oposición (180° de desfasamiento) respecto a las tensiones y corrientes del primario que las origina (Ley de Lenz).

Otra característica importante es que la impedancia o carga de secundario se refleja siempre en el primario y es, en realidad, la determinante principal de la intensidad de corriente que circula por dicho primario. Cuando el secundario se cortocircuita, el primario se quema al quedar anulada la reactancia reflejada. La impedancia que presenta el primario de un transformador con carga en el secundario es, pues, una impedancia reflejada. La fase entre corriente e intensidad dentro del circuito secundario depende exclusivamente de la clase de reactancia que presente la carga unida al mismo.

Si se conecta una resistencia de 2.200 ohmios a un secundario de 220 V de tensión de salida, la intensidad de corriente circulante por el mismo será de 0,1 A, y si el primario es de 110 V, la intensidad de corriente en el mismo será de 0,2 A. La fuente que alimenta al transformador "verá" una carga de 0,2 A a 110 V o sea de 110/0,2 = 550 ohmios. Si en lugar del resistor de 2.200 ohmios se conecta al secundario uno de 220 ohmios, la intensidad de secundario será de 1 amperio y la corriente de primario se elevará a 2 amperios, con lo que la fuente verá una carga de primario de 110/2 = = 55 ohmios.

Los valores de resistencia o impedancia reflejada no son una característica del transformador en sí, sino que están determinados por la carga conectada al secundario y por la relación de transformación, de manera que mediante la elección apropiada de esta relación, es posible hacer que una determinada carga de secundario aparezca a la fuente que alimenta al primario con un valor de impedancia distinto y adecuado para la máxima transferencia de enrgía (la máxima transferencia de energía en todo circuito con generador y carga sólo puede obtenerse cuando las resistencias o impedancias interna o de salida del generador y de la carga son de igual valor).

La relación de impedancias entre primario y secundario de un transformador es siempre igual al cuadrado de la relación de espiras

Efectivamente, en el ejemplo anterior la relación de transformación o de espiras era de 110/220 = 1/2, y en los casos expuestos, Z1/Z2 = 550/2200 = 1/4 y, en el segundo caso, Z1/Z2 = 55/220 = 1/4 (1/4 es el cuadrado de 1/2).

Aplicaciones

A-B

La principal aplicación de los transformadores de audiofrecuencia es la de proporcionar una transformación de impedancias adecuada para la mejor transferencia de las señales de uno a otro circuito cuando las cargas (como los altavoces, por ejemplo) no presentan la impedancia adecuada para las fuentes que les alimentan (paso final del amplificador de audio). Por regla general la impedancia de un altavoz suele ser de 4 a 8 ohmios, mientras que la impedancia de salida del último paso amplificador de audio suele ser de 500 a 5.000 ohmios. La presencia de un transformador de audio de relación de transformación adecuada consigue que se transfiera la máxima energía de uno a otro. La figura 1 muestra esquemáticamente los dos casos comentados (aquí la Fig. 7.R).

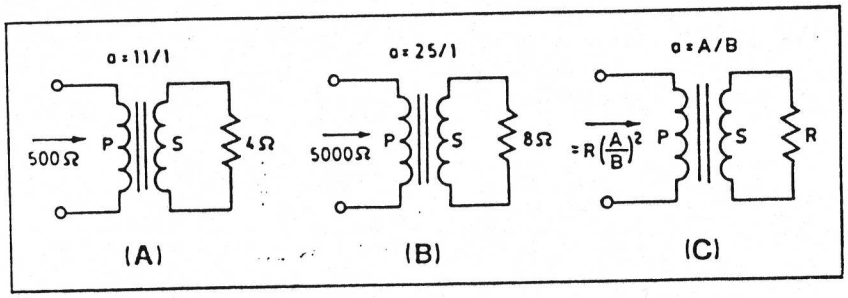


Fig. 7.R - Los transformadores de audio como acopladores de impedancia.

La Fig. 7.R esquematiza los casos explicados en (A) y (B) e indica la regla o fórmula general en (C). En (A), $a^2 = 500/4$ y $a = 22/2 = 11$; en (B) se obtiene $a^2 = 5000/8$ y $a = 70{,}71/2{,}82 = 25/1$.

La aplicación principal de los transformadores de radiofrecuencia es el acoplamiento o transferencia de señales entre circuitos resonantes que quedan eléctricamente aislados entre sí, sobre todo en corriente continua, y la obtención de una elevada selectividad a través de los mismos (con un coeficiente de acoplamiento K débil) junto

con un acoplamiento de impedancias óptimo.

La figura 2 (aquí la Fig. 8.R) muestra en (A) el acoplamiento de los circuitos resonantes paralelo y en (B) el acoplamiento de un circuito resonante paralelo con un circuito resonante serie que contiene la carga. Gracias a la resonancia, la tensión o corriente transferida a la carga es máxima (reactancias anuladas en primario y secundario) y las dos bobinas no precisan estar tan próximas o fuertemente acopladas como en audiofrecuencia, de donde el núcleo de aire, pudiendo utilizarse un acoplamiento débil que proporcione una gran selectividad. Otra ventaja está en que tanto el circuito primario como el secundario son resonantes y tienen sus respectivos Qs o factores de calidad; ambos responden con mayor intensidad y tensión a una sola frecuencia notablemente diferenciada de las demás, cualidad extremadamente importante en los receptores.

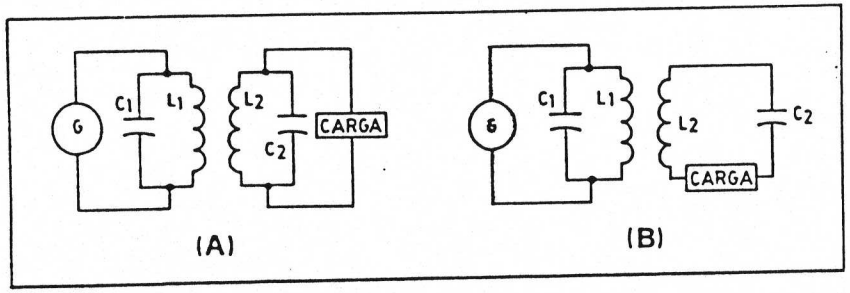


Fig. 8.R - Los transformadores de radiofrecuencia como acopladores de circuitos resonantes.

El acoplamiento mostrado en (A) es propio de los receptores a válvulas en los que la carga suele tener una impedancia elevada e interesa obtener la tensión de secundario más elevada posible. El circuito (B) es propio de los circuitos transistorizados o en los circuitos transmisores, puesto que en ambos casos la impedancia de la carga es baja e interesa obtener la mayor corriente posible en secundario.

En determinados casos, especialmente en emisión, se utiliza el transformador para el acoplamiento de un circuito resonante a una carga aperiódica o no resonante, como es el caso de las antenas unifilares (hilo de cualquier longitud). El circuito es entonces el mostrado en la figura 3 (aquí la Fig. 9.R).

Las curvas de resonancia de los circuitos resonantes acoplados son tanto más agudas cuanto menor es el acoplamiento existente entre ellos (menor valor de K) pero en contrapartida menor es la energía traspasada de primario a secundario, o la sensibilidad del secundario a una débil intensidad en el primario. De aquí que las dos cualidades, sensibilidad y selectividad sean opuestas y deba buscarse un compromiso entre ellas en los acoplamientos de señal de radiofrecuencia, sobre todo en los circuitos receptores que trabajan con señales de muy poca energía.

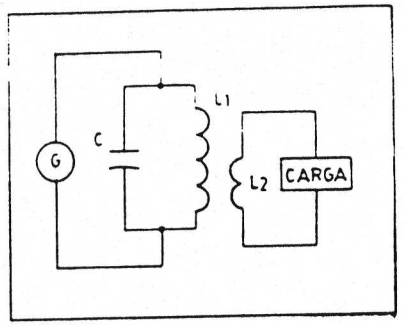


Fig. 9.R - Acoplamiento resonante-aperiódico (antena)

Clases A y B

[1]Válvulas y tubos termoiónicos - [2]Diodo: su empleo como rectificador - [3]Triodos y multielectrodos: aplicaciones como amplificadores de baja y de alta frecuencia y como osciladores - Amplificadores de potencia en alta frecuencia.

Clase C

[1]Nociones sobre válvulas, [2]diodos y [3]triodos.

[1]Válvulas o tubos termoiónicos A-B-C

Ciertos materiales, cuando se calientan en una atmósfera de vacío, desprenden electrones y por ello reciben el nombre de cátodos. Para obtener la temperatura necesaria que provoque la emisión electrónica del cátodo puede recurrirse al paso de una corriente eléctrica por el mismo, en cuyo caso a dicho cátodo se le llama filamento o cátodo de caldeo directo, o puede recurrirse a darle una forma hueca, cilíndrica y hacer que la corriente de caldeo pase a través de una pequeña bobina o conductor que se halle en el interior del cilindro, de forma que pueda transferirle el calor por proximidad, con lo que se tratará de un cátodo de caldeo indirecto.

Todo lo dicho está representado en la figura 1 (aquí en la Figura 10.R) físicamente a la izquierda y simbólicamente a la derecha. Para

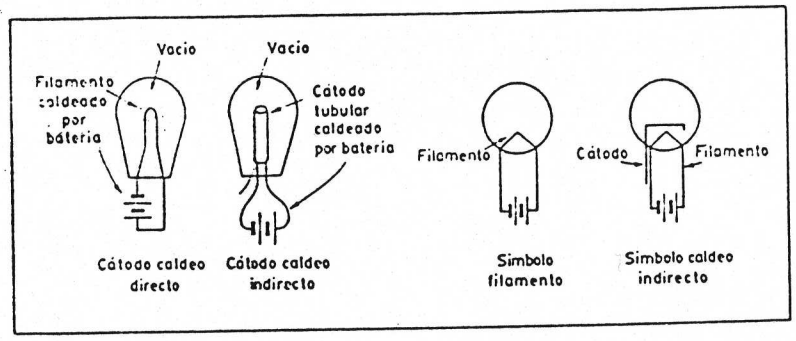


Fig. 10.R.- Emisión electrónica y simbología.

mayor claridad, se incluye una batería como fuente de corriente, pero en la práctica se obtiene la corriente de caldeo directamente de la red haciéndola pasar por un transformador que reduce la tensión al valor necesario. En muchos esquemas simbólicos no llega ni tan siquie a a mostrarse el filamento ni sus conexiones, que se dan por supuestas.

[2]Diodo: su empleo como rectificador

A-B-C

Si en la atmósfera de vacío, en el interior de la ampolla o envolvente, no existe ningún otro electrodo, el primer millón o billón de electrones liberados del cátodo por el calor forman una nube alrededor del mismo y como tienen carga negativa, impiden a los demás elec trones que puedan escapar del cátodo.

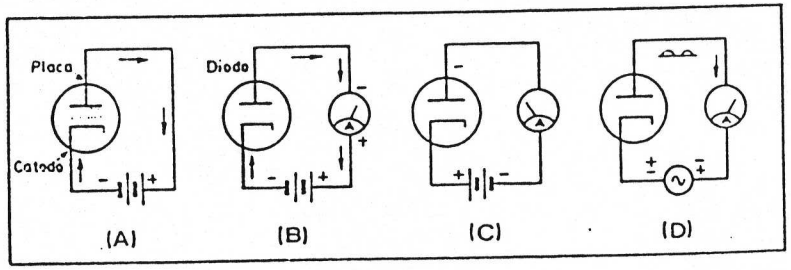


Fig. 11.R - Válvula diodo.

Pero si en la atmósfera de vacío se introduce un segundo electrodo llamado ánodo o placa al que se le da un potencial positivo uniéndolo al polo positivo de una fuente, un cierto número de electrones, proporcional a la magnitud de la tensión positiva aplicada a la placa son atraídos desde las proximidades del cátodo hacia la placa, dando lugar a una corriente electrónica que puede ser medida por un miliam perímetro intercalado en el circuito, como está indicado en A y B de la figura 2 (aquí la Fig. 11.R). Al dispositivo así formado, con dos

electrodos activos, cátodo y placa, se le llama DIODO.

A-B

Empleo como rectificador

La corriente por el interior del diodo sólo puede circular en un sentido: cátodo-placa y ello únicamente cuando la placa tenga un potencial positivo respecto al cátodo. Si la placa tiene un potencial negativo como en C de la figura 2 (Fig. 11.R-C) los electrones se ven repelidos en lugar de atraídos por la placa y el miliamperímetro del circuito de placa no señala ninguna corriente. Si en lugar de la batería se conecta entre cátodo y placa una fuente de corriente alterna por el interior del diodo sólo podrá circular corriente en las alternancias positivas que hagan positiva a la placa con respecto al cátodo, y no habrá corriente en las alternancias negativas. Por el instrumento de medida circulará una corriente continua pulsante o rectificada y el circuito será un RECTIFICADOR.

A-B-C

[3]Triodos

Triodo es la válvula que consta de tres electrodos: cátodo, placa y una REJILLA de alambre muy fino, en espiral, que se sitúa entre los otros dos electrodos (Fig. 12.R). Si la rejilla permanece sin tensión alguna, prácticamente no ejerce ninguna influencia sobre la corriente o flujo de electrones cátodo-placa (Fig. 12.R-A).

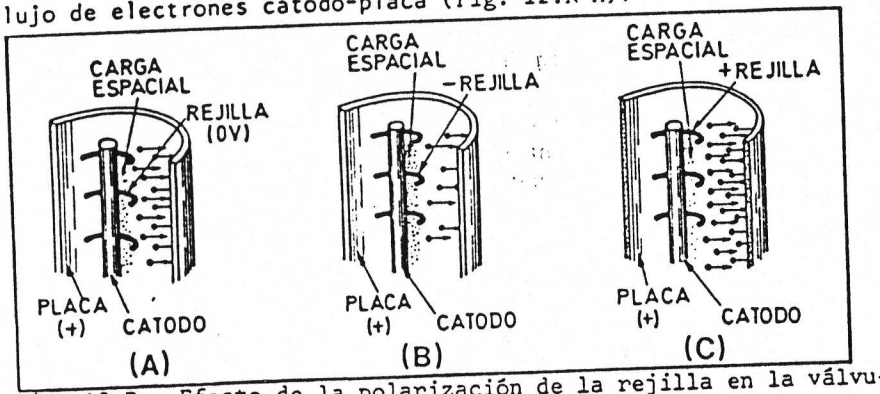


Fig. 12.R - Efecto de la polarización de la rejilla en la válvula triodo.

Si a la rejilla se aplica una polaridad negativa (Fig. 12.R-B), la corriente o flujo de electrones hacia la placa queda notablemente limitado pudiendo llegar a interrumpirse si este potencial negativo es suficiente para anular la influencia del potencial positivo o fuerza de atracción de la placa.

Si la rejilla se hace positiva con respecto a cátodo (Fig. 12.R-C) una pequeña parte del flujo electrónico se desvía por ella, ya que entonces actúa como una segunda placa, pero a no ser que se haga muy

positiva, la mayor parte del flujo electrónico se ve acelerado y aumentado siguiendo su camino hacia placa mientras la rejilla no alcance una tensión suficiente para atraer a la mayoría o a todos los electrones desprendidos del cátodo, momento en que cesará la corriente de placa. Todo ocurre como está mostrado en las figuras.

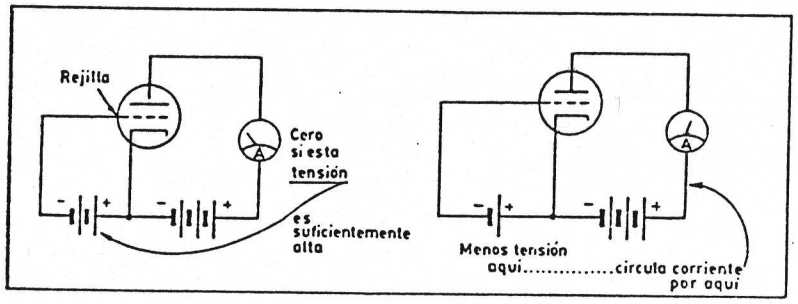


Fig. 13.R - La válvula triodo.

El trabajo de la rejilla puede compararse al de una válvula o grifo de agua o al de un agente de tráfico que se situara en el interior de un diodo para dirigir el flujo de electrones. Es muy importante el hecho de que no se consume ninguna energía procedente de la batería de polarización de rejilla (conectada entre la misma y el cátodo) mientras no circule corriente por la misma, mientras su tensión negativa sea suficiente y no se haga nunca positiva con respecto al cátodo, ni aun en los picos de señal aplicada a la misma. Toda la energía que ocasiona la corriente de placa se obtiene de la batería que se halla entre cátodo y placa, lo cual significa que la válvula triodo puede controlar una corriente relativamente intensa por medio de una fuente de tensión que no precisa suministrar ninguna corriente. La rejilla viene a ser como la mano del agente de tráfico que controla el movimiento de toneladas de peso de los vehículos que dirige.

Multielectrodos A-B

La válvula tetrodo contiene una rejilla más que la triodo, rejilla que se sitúa entre la placa y la primera rejilla (llamada de mando) recibiendo el nombre de rejilla pantalla. Casi siempre tiene una elevada tensión positiva, ligeramente inferior a la de la placa, que obtiene de la misma fuente que esta última, de manera que atrae fuertemente a los electrones que se ven acelerados al pasar por entre sus alambres camino de la placa. Algunos de estos electrones tropiezan con la malla de la rejilla o son atraídos por ella, absorbiéndolos y dando lugar a la "corriente de pantalla".

La ventaja de la válvula tetrodo sobre la triodo está en que proporciona una aumento de la corriente de placa como resultado de la aceleración de los electrones y, al mismo tiempo, una disminución de la

capacidad interelectródica rejilla-placa, permitiendo un mejor control de la corriente a través de la rejilla de mando al disminuir notablemente la influencia de la propia tensión de placa sobre el flujo electrónico.

La válvula pentodo sitúa una tercera rejilla entre la pantalla y la placa, llamada supresora y que generalmente va unida al cátodo por el interior de la válvula quedando, por tanto, a potencial negativo. Su misión es la de evitar el efecto del rebote en la placa de los electrones acelerados por la rejilla pantalla. Al tener el potencial de cátodo, repele de nuevo hacia la placa los electrones que "saltan" de la misma por la fuerza del choque. También proporciona una nueva reducción de la capacidad interelectródica y un blindaje interno entre los circuitos de rejilla de mando y de placa. Estas ventajas han impuesto a las pentodos en los circuitos de señal débil y de radiofrecuencia (recepción) relegando a las tetrodos a los circuitos de potencia de emisión.

Para misiones especiales (como la entrada de dos señales para que se mezclen o heterodinen) existen válvulas con más de tres rejillas en su interior que reciben los nombres de hexodo (seis electrodos) heptodo (siete electrodos) y octodo (ocho electrodos) y que pueden tener algunas rejillas unidas entre sí por el propio interior de la válvula.

Conviene distinguir a la válvula multielectrodo, como se ha descrito, de la válvula múltiple, consistente en una sola envolvente que encierra dos y hasta tres unidades válvula independientes (doble triodo, triodo-pentodo, triple triodo, doble diodo triodo, etc.).

Aplicación como amplificadores de baja y de alta frecuencia. A-B

La figura (aquí la Fig. 14.R) muestra el circuito básico de la válvula triodo como amplificadora y sus parámetros más importantes. Consta de una fuente de polarización de rejilla sobre cuya tensión cabalga la señal que debe ser amplificada (alterna) acoplada a transformador o por otro sistema; una fuente de alimentación de placa (alta tensión) que polariza positivamente a este electrodo a través de la carga entre cuyos extremos se obtiene la señal de salida amplificada.

Puede observarse que en el circuito amplificador coexisten dos circuitos: el de entrada o rejilla constituido por la fuente de polarización, entrada de señal, rejilla y cátodo y el de salida o placa formado por la fuente de alimentación de este electrodo, cátodo, placa y carga.

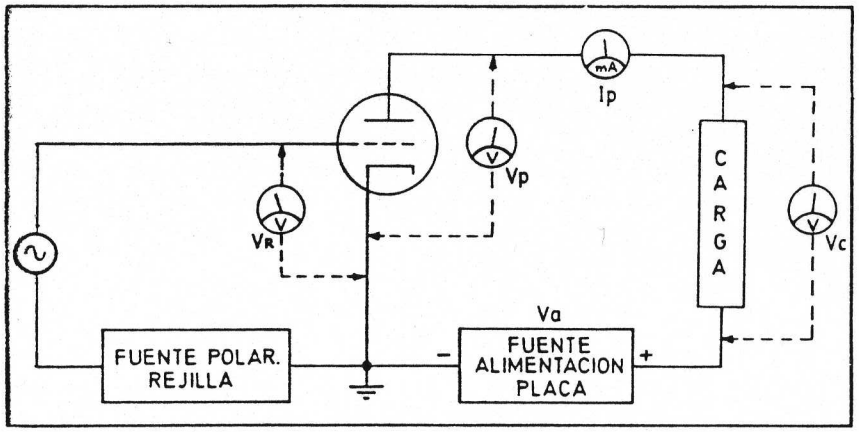


Fig. 14.R - Circuito amplificador básico con válvula triodo.

Los parámetros más importantes desde el punto de vista de la amplificación son: Vr o polarización de rejilla; Vp o tensión de placa, Ip o corriente de placa y Vc o tensión recogida entre los extremos de la carga.

La figura 2 (Fig. 15.R) muestra las dos clases de funcionamiento de la válvula amplificadora: como amplificador de corriente, generalmente utilizado en baja frecuencia, y como amplificador de tensión, propio de los circuitos de radiofrecuencia de recepción. Podemos observar que la diferencia está únicamente en la ausencia o presencia de la resistencia de carga Rc cuyo objetivo es el de convertir una corriente, la de placa, en una diferencia de tensión entre sus extremos

En el amplificador de corriente (A) una señal de 4 voltios de pico a pico aplicada entre rejilla y cátodo da lugar a que la corriente de placa Ip varíe siguiendo la misma sinusoide, como se observa a la derecha de la figura. Durante la excursión positiva de la señal de entrada, la corriente de placa aumenta desde su valor de reposo de 8 mA hasta su pico positivo de 12 mA. Tras la alternancia positiva de la señal, la rejilla queda negativamente polarizada por la tensión de la fuente unida a la misma y en el pico negativo de la señal superpuesta a ésta última, la corriente de placa Ip se ve reducida a 4 mA.

Resulta de ello que en el tiempo en que la rejilla es recorrida por un ciclo de tensión alterna, en el circuito de placa se observa la reproducción del mismo ciclo en la variación de la corriente que lo recorre, Ip, intensidad que será muy superior a la de la señal por cuanto Ve e Ip son también muy superiores. La energía del circuito de rejilla es ínfima mientras que la energía del circuito de placa es considerable.

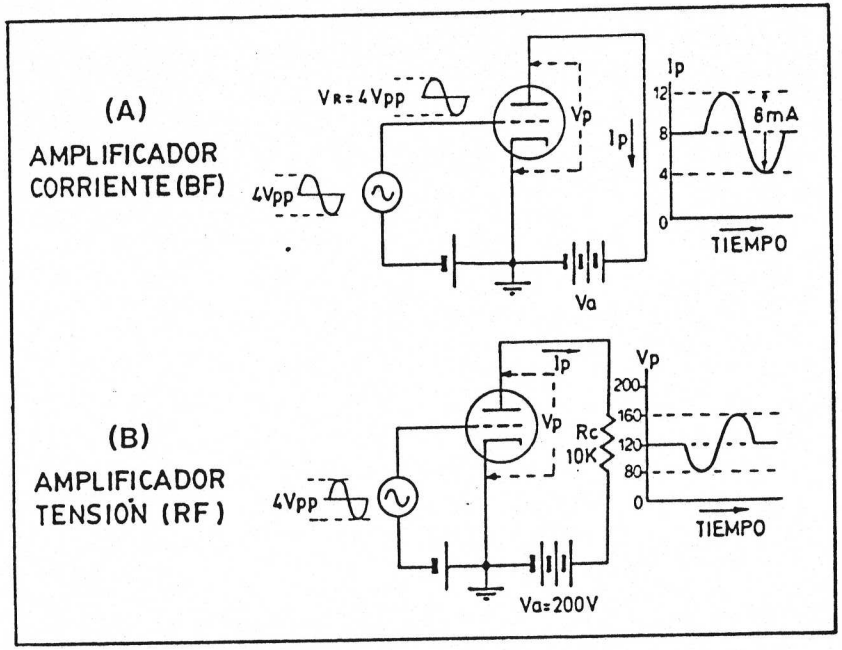


Fig. 15.R - La válvula como amplificadora de corriente y de tensión.

Si ahora se intercala una resistencia de carga Rc en el circuito de placa, como está mostrado en (B), cuando la señal de rejilla sea de cero voltios, la intensidad de placa, supuestamente de 8 mA (reposo) provocará una caída de tensión en Rc, y si el valor de esta última es de 10.000 ohmios, producirá una caída de 80 V entre los extremos de dicha Rc, dando lugar a que la tensión de placa Vp se vea reducida a 200-80 = 120 V.

En el instante en que la señal de rejilla alcance su pico positivo, la corriente de placa aumentará a 12 mA, con lo que la caída de tensión en Rc será de 120 V y Vp disminuirá a 200-120 = 30 V.

Resulta que cuando la rejilla ha pasado de 0 a +2 voltios, la tensión de placa Vp ha pasado de 120 a 80 V, o sea que cada variación de 2 voltios en rejilla representa una variación de 40 voltios en placa y como otro tanto ocurrirá en la alternancia negativa de la señal, los 4 Vpp de rejilla se convertirán en 80 Vpp en placa, obteniéndose una amplificación de tensión cuya ganancia será de 80/4 = 20 veces.

Mediante la utilización de la válvula triodo, una señal insignificante puede convertirse en una señal considerable gracias a la acción

de la rejilla sobre la corriente de placa. Una pequeña tensión negativa puede controlar el paso de una corriente intensa en otro circuito y ello instantáneamente.

La polarización fija de que se dota a la rejilla clasifica a los amplificadores en clase A (la corriente de placa circula durante todo el ciclo de la señal), en clase B (sólo los semiciclos de una polaridad de la señal producen corriente de placa debido a que la rejilla se halla con mayor polarización negativa) y en clase C (sólo las crestas de polaridad positiva de la señal provocan corriente de placa por estar la rejilla muy negativamente polarizada). Existen igualmente las clases intermedias, sobre todo entre A y B.

Por regla general la carga de un amplificador de baja frecuencia está constituída por un transformador o un resistor, mientras que la carga del amplificador de alta frecuencia siempre es un circuito resonante.

Aplicación como oscilador A-B

Si mediante un acoplamiento débil se recoge de la carga una muestra de la señal amplificada de salida y se lleva nuevamente al circuito de entrada (rejilla) el circuito amplificador se convierte en algo así como "el perro que se muerde la cola" y el circuito se ve transformado en un OSCILADOR pudiendo prescindir de la señal de entrada, oscilador que en realidad no hace más que convertir la corriente continua suministrada por la fuente de tensión de placa en una corriente alterna cuya frecuencia determinarán los componentes que intervengan en el acoplamiento (circuito resonante, cristal de cuarzo, etc).

Amplificadores de potencia en alta frecuencia A-B

Los amplificadores de potencia en alta frecuencia, conocidos también como "finales", son los utilizados por los emisores para proporcionar la mayor energía posible a la antena que debe radiar las señales. Trabajan con elevadas tensiones y corrientes de alimentación y requieren precauciones especiales para no deformar o distorsionar la señal de radiofrecuencia y para no generar señales espurias que puedan ser igualmente radiadas por la antena.

Además de una buena linealidad, se les exige un rendimiento apropiado, significando este rendimiento la relación entre las potencias de entrada (en corriente continua) y de salida (señal) del circuito de placa de la válvula o de colector de transistor. Si Vp.Ip representa una potencia de 80 vatios de corriente continua y a la salida de la válvula se obtienen 50 vatios de radiofrecuencia, el rendimiento del paso final habrá sido de 50/80 = 0,625 = 62,5 %.

Este rendimiento es muy importante porque, en el caso citado, significa que la diferencia entre los 80 vatios de entrada y los cincuenta vatios de salida (80-50 = 30 W) se pierden en calor en la placa de la válvula, constituyendo la POTENCIA DISIPADA, y si ésta fuera excesiva, la placa podría llegar a ponerse al rojo e incluso fundirse, dando por terminada la vida del amplificador.

De aquí que los fabricantes de las válvulas apropiadas para esta clase de amplificadores especifiquen siempre la máxima disipación que puede soportar la válvula, que a veces requiere una ventilación forzada para su refrigeración.

La carga de los amplificadores de potencia en alta frecuencia siempre es un circuito resonante que incluye, a la vez, el sistema de acoplamiento a la antena, o mejor dicho a la línea de alimentación de antena, como por ejemplo el circuito "pi".

La máxima disipación de placa que puede soportar una válvula final (o de colector en el caso de un transistor final) impone la potencia máxima con que puede trabajar un emisor. Para que aquélla no resulte letal en un descuido, los modernos amplificadores disponen de dispositivos automáticos que proporcionan a la rejilla una tensión negativa de seguridad en cuanto la disipación empieza a ser excesiva o cuando no existe señal, de forma que inmediatamente se reduce la corriente de placa evitándose así la catástrofe.

Clases A y B

[1]Semiconductores - [2]Diodos y su empleo como rectificadores - [3]Transistores: diversos tipos; su empleo como amplificadores y osciladores. Circuitos integrados: aplicaciones.

Clase C

[1]Nociones sobre semiconductores: [2]diodos y [3]transistores.

[1]Semiconductores A-B-

Los cuerpos o substancias semiconductoras son las que se hallan entre los conductores y los aislantes, al menos en su estado primitivo puro, y de entre ellas las que se utilizan en electrónica son principalmente el silicio y el germanio de estructuras cristalinas.

Los cristales de estos materiales conducen la electricidad pero su resistencia específica es muy elevada. Si químicamente se deposita ciertas impurezas en su estructura, se obtienen conductores con valores de resistencia muy aceptables. Sin embargo, el efecto más interesante de esta "contaminación" o "dopino" consiste en la aparición

dos características estructurales diferenciadas según haya sido la naturaleza de la impureza empleada. Con una clase de impureza se obtienen semiconductores con electrones libres que reciben en nombre de TIPO N, mientras que con el empleo de otra clase de impureza se obtienen materiales cuya estructura es deficiente en electrones, en las que cada electrón perdido ha dejado un "hueco" que figuradamente puede desplazarse igual que un electrón, material que recibe el nombre de TIPO P.

[2]Diodos y su empleo como rectificadores A-B-C

Una simple laminilla de silicio o de germanio puede convertirse en un diodo si un extremo de la misma se contamina y convierte en semiconductor clase P y el otro extremo se contamina con otra clase de impurezas para convertirla en semiconductor clase N, como está indicado en la figura 1-A (aquí la Fig. 16.R-A). A la línea divisoria entre las dos regiones o clases se le denomina UNION.

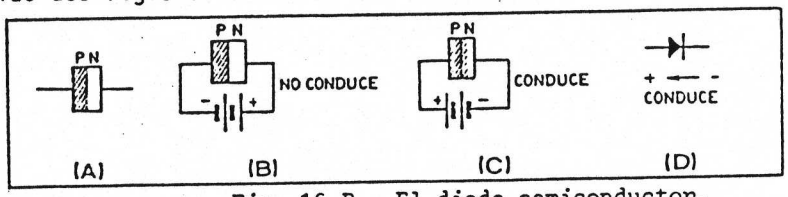


Fig. 16.R - El diodo semiconductor.

Cuando el diodo así formado se polariza en el sentido mostrado en (B) de la figura, los electrones del material P son atraídos hacia el polo positivo de la pila y los huecos del material P lo son igualmente por el polo negativo (en realidad los electrones "rellenan" los huecos, pero el efecto óptico sería de que los huecos se mueven hacia el polo negativo). Ninguno de ellos cruza la unión y no circula ninguna corriente a través del semiconductor.

Si se invierte la conexión de la pila anterior, como en C, los electrones del material N son impelidos hacia la unión y otro tanto ocurre con los huecos, los primeros por el polo negativo de la pila y los segundos por el polo positivo de la misma, atraviesan, ahora sí, la unión y se establece la circulación de una corriente.

El diodo semiconductor, cuyo símbolo esquemático está mostrado en D de la figura, se comporta como un elemento rectificador al igual que lo hace la válvula diodo. Puede observarse que la línea recta simbólica equivale al cátodo de la válvula diodo y el triángulo a la placa: la circulación de corriente es siempre en el sentido contrario al indicado por la flecha simbólica y la apertura de la conducción tiene lugar siempre que la línea o cátodo (N) es más negativa que el triángulo o ánodo (P), teniendo en cuenta que se precisa una diferencia de tensión mínima superior a 0,2 voltios si el diodo es de germanio y

superior a 0,6 voltios si es de silicio, para que pueda abrirse la conducción (estos valores son, asimismo, los de la caída de tensión entre extremos del diodo cualquiera que sea la corriente que circule a través de los mismos, lo que permite utilizarlos a veces como estabilizadores de tensión).

[3]Transistores: diversos tipos; su empleo como amplificadores y osciladores. A-B-C

El transistor se componé de dos diodos semiconductores unidos o encarados por el material del mismo nombre, de forma que resulte un emparedado con dos uniones como aparece en la figura 1 (aquí la Figura 17.R), una a cada lado del material central denominado BASE. A uno de los materiales extremos se le denomina EMISOR y al otro COLECTOR. Aun cuando emisor y colector son del mismo material, se les procesa de manera distinta en su fabricación para que el diodo emisor-base resulte adecuado para la entrada de señal (menor potencia) y el diodo base-colector pueda resistir mayor corriente de salida.

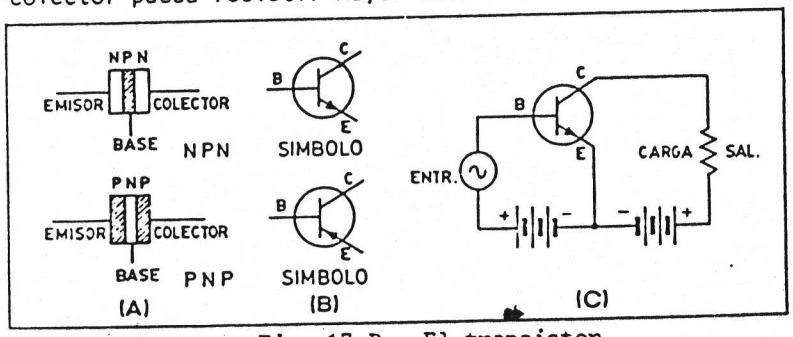


Fig. 17.R - El transistor.

Por su propia formación, el transistor puede ser de dos clases según sea el tipo de material que constituye la base: transistor NPN si la base es de material P y transistor PNP si la base es de material N. El funcionamiento de ambas clases es dinámicamente idéntico, pero las tensiones aplicadas deben ser de polaridad inversa en una clase respecto a la otra, consecuencia lógica al estar formado por dos diodos.

El transistor requiere una polarización del diodo base-emisor en sentido de la conducción (siempre en sentido contrario al indicado por la flecha simbólica) como la mostrada en (C), de manera que los electrones fluyen desde el negativo de la pila de polarización emisor base hacia emisor, base y regresan al polo positivo de la pila.

En el transistor bipolar, del que estamos hablando, el electrodo base es extremadamente delgado y la mayoría de electrones procedentes de emisor se sienten influenciados por el potencial positivo su-

perior que tiene el colector y que los atrae y desvía de base hacia colector. La corriente de emisor es prácticamente la misma que la de colector, excepto por una mínima parte que se deriva por el electrodo base. Si no existiera la tensión positiva de colector, toda la corriente circularía hacia el exterior del transistor por el electrodo base.

Con las polarizaciones mostradas en C de la figura 2, cualquier pequeña variación de la polarización emisor-base se traduce en una alteración mucho más amplia de la corriente emisor-colector que a su vez se traduce en una diferencia de tensión entre los extremos de la resistencia de carga del circuito, dando lugar a la amplificación de la pequeña tensión de entrada por base-emisor.

Funcionalmente, pueden compararse la base con la rejilla de la válvula triodo, el emisor con el cátodo y el colector con la placa.

Modernamente y para los circuitos de alta frecuencia, se utiliza el transistor de efecto de campo o FET (Field Effect Transistor) cuya dinámica no depende de los electrones y huecos ya que obedece a otro principio, como muestra la figura 3 (aquí la Fig. 18.R). Está constituído por la formación de un "canal" tipo N en un cristal de material tipo P (o a la inversa) y la formación de otra capa tipo P (GRADUADOR) sobre el semiconductor tipo N, pero sin quedar conectado al cuerpo principal de tipo P llamado "substrato".

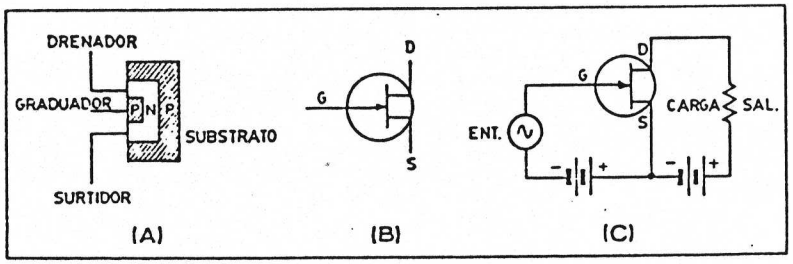


Fig. 18.R - Transistor de efecto de campo (FET)

Las conexiones de los dos extremos del canal tipo N reciben el nombre de SURTIDOR (por donde entra la corriente) y DPENADOR (por donde sale la corriente). El graduador se polariza, con respecto a surtidor de forma que la corriente no pueda circular a través de la unión PN cualquiera que sea el nivel de la señal aplicada. La tensión negativa presente en el graduador repele a los electrones que circulan por el canal, estrechando y graduando el paso o la anchura de este último y aumentando su resistencia al paso de la corriente. Las variaciones de la tensión y de la señal de entrada se traducen así en variaciones de la anchura del canal o de su resistencia al paso de la corriente de intensidad superior surtidor-drenador, dando lugar al efecto amplificador.

Como no circula corriente a través de la unión, el circuito de graduador o de entrada no consume energía de la fuente de señal, por lo que el transistor de efecto de campo trabaja de forma mucho más parecida a la válvula, en comparación con el transistor bipolar.

La figura 3 (aquí la Fig. 18.R) muestra en (A) la formación del transistor de efecto de campo de canal N (igual puede ser de canal tipo P, siempre que graduador y substrato sean entonces del tipo N). En (B) el símbolo esquemático pertenece igualmente al transistor de efecto de campo de canal N (la flecha de graduador va en sentido contrario si se trata de un FET de canal P) y finalmente (C) muestra el circuito de utilización o polarizaciones correctas para el funcionamiento del FET de canal N como amplificador.

Otro tipo de transistor de efecto de campo es el IGFET o MOSFET, que tiene el graduador aislado del canal. En la actualidad los bipolares, FETs y MOSFETs suelen presentarse integrados en los microcircuitos.

Al igual que en las válvulas, los transistores pueden trabajar como amplificadores con una carga entre colector y emisor (salida) o entre surtidor y drenador, o pueden hacerlo como osciladores si una parte de la corriente de salida se lleva nuevamente a la entrada para que las señales se regeneren por sí mismas.

Circuitos integrados - Aplicaciones A-B

La microelectrónica comprende "el conjunto de técnicas que permiten realizar y unir microestructuras" entendiéndose por "microestructuras" el circuito o dispositivo cuyos componentes o parte de los mismos quedan integrados en un solo bloque llamado "microcircuito" y caracterizado por: 1) una confiabilidad diez veces superior al circuito equivalente con componentes discretos; 2) coste diez veces inferior; 3) consumo diez veces menor; 4) dimensiones al menos cien veces inferiores.

Por su fabricación y anatomía, los microcircuitos pueden ser híbridos o monolíticos. Los primeros están constituídos por unidades activas o pasivas fabricadas por separado y agrupadas posteriormente; los monolíticos, más modernos, se obtienen a través de un solo proceso de fabricación sobre un único substrato semiconductor. El empleo de un procedimiento mixto da lugar a los microcircuitos compatibles o monolíticos de película delgada.

Los componentes integrados son transistores bipolares o de efecto de campo, diodos, resistencias y condensadores, obteniéndose modernamente la integración de inductancias de pequeño valor y factor de mérito reducido.

De la integración monolítica parten tres grandes familias de micro-

circuitos: lineales, diodo-transistor o DT y digitales lógicos, esta última familia la de mayor número de tipos con funcionamiento biestable (si/no, 1/0, etc).

Los microcircuitos digitales-lógicos son los utilizados en los circuitos de conmutación, cálculo, memoria, percepción numérica visual, etc. Pueden ser de lógica positiva (1 más positivo que 0) o de lógica negativa (0 más positivo que 1). Pertenecen a este grupo los destinados a la conversión y reconversión de los sistemas de numeración decimal y binaria.

Por su manera de funcionar pueden ser inversores, puertas (gates) y multivibradores. Los circuitos mayormente integrados son el Darlington, el amplificador diferencial y el amplificador operacional.

Darlington - Amplificador de corriente continua y gran ganancia que no puede alcanzarse con componentes discretos. Se fundamenta en la conexión de transistores con las entradas en serie y las salidas por colector en paralelo. Se obtienen ganancias de 1.000 con unidades integradas mediocres; de 10.000 con unidades de calidad media y de 50.000 con unidades integradas de buena calidad. El circuito Darlington resulta defectuoso si se pretende constituirlo con componentes discretos, debido a la diferenciación de los parámetros de los transistores, aun del mismo tipo.

Amplificador diferencial - Se le integra en casi todos los microcircuitos destinados a la amplificación (lineales). Proporciona una salida que responde a la diferencia entre las señales de entrada y puede funcionar con una o dos entradas y con una o dos salidas, presentando éstas últimas un desfasamiento de 180° entre sí. Su aspecto más importante es que la ganancia es independiente de la propia calidad de los componentes activos integrados; depende y se controla eléctricamente por la intensidad de corriente estabilizada que lo alimenta.

Amplificador operacional - Es un circuito que normalmente contiene dos amplificadores diferenciales acoplados directamente en cascada. Lo mismo puede amplificar en corriente continua que en corriente alterna; su ganancia en corriente continua es teóricamente infinita así como su impedancia de entrada, lo que le capacita para reproducir las condiciones de trabajo propias de las válvulas. Su respuesta depende siempre de la realimentación negativa que se le proporcione exteriormente, lo cual constituye una excelente cualidad para el diseño de circuitos. Presenta dos entradas de señal, una con inversión de fase (-) y la otra sin inversión de fase (+) respecto a la salida.

Fuentes de alimentación con rectificadores: diversas clases.

Fuentes de alimentación con rectificadores: diversas clases A-B

La fuente de alimentación tiene por misión transformar la corriente alterna de la red en las tensiones de alterna y de continua necesarias para la alimentación de un transmisor, receptor o aparato electrónico que lo precise. Toda fuente está compuesta por TRES elementos esenciales unidos entre sí de la forma mostrada en la figura 1 (aquí la Fig. 19.R) y que son: transformador de alimentación, rectificador y filtro.

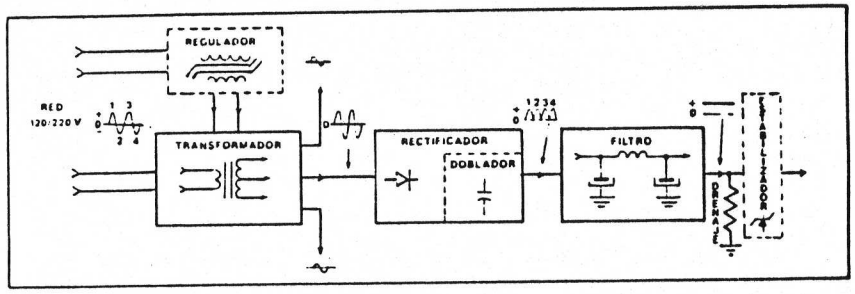


Fig. 19.R - Fuente de alimentación.

Transformador de alimentación - Elemento destinado a elevar o reducir, según convenga, la tensión alterna obtenida de la red, convirtiéndola en el valor o valores adecuados para el circuito o la parte del circuito que debe ser alimentado. Las distintas tensiones se obtienen con un solo primario, un solo núcleo y tantos secundarios como tensiones sean necesarias. La sección del conductor que forma cada uno de los devanados debe ser adecuada al consumo de corriente previsto y el aislamiento entre sus espiras debe ser capaz de aguantar su tensión de trabajo. Cuando los transformadores alimentan circuitos de radiofrecuencia, se les dota de la "pantalla electrostática" (simple envoltura interior de fina hoja de cobre que separa primario y secundario) al objeto de impedir el paso de radiofrecuencia entre devanados primario y secundarios (emisores y lineales) o a la inversa (receptores).

Los datos importantes para la adquisición de un transformador de alimentación son:

1) Tensión o tensiones de alimentación del primario (red) y potencia

y consumo del mismo (suma de potencias o consumos de los secundarios más pérdidas) lo que determina el tamaño del núcleo.

2) Tensión e intensidad de corriente de cada uno de los secundarios que deba contener el transformador (determina la sección de los devanados y su aislamiento).

3) Detalles complementarios, como montaje horizontal o vertical, salidas por conductores, terminales o bornes, etc.)

Los transformadores de alimentación crean un campo magnético muy fuerte a su alrededor provocado por la corriente de 50 Hz de la red que puede inducirse muy fácilmente en cualquier componente sensible (zumbido de alterna) y por ello conviene montarlos lo más alejado que sea posible de los puntos sensibles a la captación (sobre todo en receptores). Modernamente se reducen mucho estos efectos con el empleo de núcleos cerrados de ferrita de alto rendimiento (gran poder concentrador del flujo magnético).

Rectificador

Su misión es la de convertir la corriente alterna que le entrega el transformador en una tensión continua pulsante y para ello hace uso de la conducción de sentido único de los diodos, válvulas o semiconductores. Puede incluir un doblador o multiplicador de tensión (por lo general cuando se precisa una tensión continua muy elevada con muy poco consumo de corriente). Es el elemento que determina la característica de la propia fuente en cuanto al consumo y puede ser: de media onda, de onda completa o en puente y doblador, según muestra la figura 2 (aquí la Fig. 20.R).

La Fig. 20.R incluye las características de cada clase de rectificador para cada voltio de tensión continua que deba aplicarse a la carga (Ecc), por cada amperio de intensidad de corriente continua que deba circular por la misma (Icc) y el correspondiente porcentaje de ondulación o corriente alterna residual. Es e Is son respectivamente la tensión eficaz e intensidad eficaz de secundario necesarias, Vip es la tensión inversa de pico o máxima que debe ser capaz de soportar el diodo o elemento rectificador y, finalmente, Id es la intensidad máxima de corriente pulsante que circula por cada diodo con polarización directa, todo ello por cada voltio de corriente continua aplicada a la carga o por cada amperio consumido en la misma.

Cuando la tensión rectificada es muy elevada, cada diodo mostrado en la figura suele substituirse por un grupo de los mismos en serie, con cada unidad convenientemente protegida por un resistor y un condensador en paralelo con cada semiconductor (para igualar sus condiciones de trabajo).

La salida del rectificador no es una corriente continua como la obtenida de una pila, acumulador o batería. sino una corriente continua

pulsante que si se aplicase directamente a la alimentación de un receptor o de un transmisor produciría un fuerte zumbido de corriente alterna .

Filtro - Es el encargado de convertir la corriente continua pulsante en corriente continua tan pura como sea posible (sin zumbido).

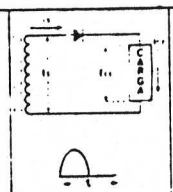
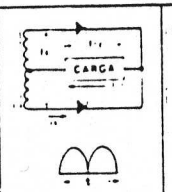
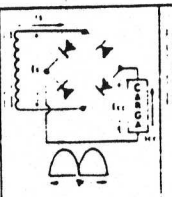
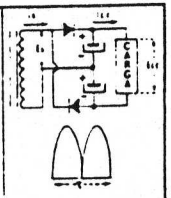
RECTIFICADORES				
CARACTERISTICAS	MEDIA ONDA	DOBLE ONDA	PUENTE	DOBLADOR
Ecc Es Vip	1 2,22 3,14	1 2,22 3,14	1 1,11 1,57	1 0,45 1,57
Icc Is Id	1 1,57 1	1 0,786 0,5	1 1,11 0,5	1 3,8 1
%	127%	48%	48%	-

Fig. 20.R - Clases de rectificadores y sus características.

El tipo de filtro más sencillo consiste en la conexión de un condensador de elevada capacidad en paralelo con la salida del rectificador (o con la carga, que es lo mismo). Si, además, se sitúa una bobina de inductancia elevada y la menor resistencia posible (para evitar la caída de tensión en la misma) entre rectificador y condensador, bobina comúnmente llamada "choque de filtro", se obtiene una célula mucho más efectiva, gracias al efecto de la inductancia de oponerse a toda variación de corriente. Cuando se requiere una corriente continua muy pura, se mejora el efecto de filtro mediante células LC como la descrita conectadas en serie o cascada,siendo la disposición más utilizada la célula "en pi". Básicamente estos filtros se clasifican en filtros de entrada por choque y filtros de entrada por condensador, según sea la bobina o el condensador el primer elemento unido al rectificador.

Los elementos complementarios que puede llevar una fuente son: el regulador de la tensión de red, el estabilizador de corriente continua de salida y el drenaje o "bleeder".

Regulador de red - Está destinado a mantener invariable la tensión de entrada a la fuente, independizándola de las fluctuaciones de la red de suministro. PUede ser automático o manual, y evita los perjuicios a que pueden dar lugar variaciones de la tensión de red superiores a +10% del valor nominal para las que generalmente están previstos los aparatos electrónicos. Suelen trabajar con núcleo de hierro saturado.

Estabilizador de corriente continua - Incorporado en el interior de la propia fuente, impide que la tensión o tensiones de salida de la fuente, ya en corriente continua, puedan alterar su valor ante cualquier variación de la carga o consumo de corriente en los circuitos alimentados, evitando el efecto de la caída de tensión en la resistencia interna de la propia fuente que hace las veces de generador. Suelen estar fundamentados en las características del diodo zener y de los transistores (más antiguamente en las características de las válvulas con atmósfera de gas neón y su ionización).

Drenaje o "bleeder" - Es un dispositivo que contribuye a la estabilidad de la salida pero que es imprescindible desde el punto de vista de la seguridad personal. Consiste en un resistor en paralelo con la salida de la fuente de valor óhmico y dispación calculados para absorber el 10% de la carga máxima de la fuente. A través del drenaje se descargan los condensadores de filtro al apagar la fuente, impidiendo así la presencia de tensiones peligrosas remanentes en los condensadores cuando la fuente está fuera de uso. Es un dispositivo propio de las fuentes de tensión elevada.

Clases de fuentes A-B

La anatomía o composición de cada fuente de alimentación responde lógicamente a la finalidad para la que ha sido creada. Partiendo de esta finalidad, las fuentes pueden clasificarse en:

Fuentes de polarización - Las que suministran determinadas tensiones, sin o con muy poco consumo (a las rejillas, por ejemplo).

Fuentes de supresión de pilas - De poca tensión y escaso consumo, destinadas a la alimentación a través de la red de los aparatos inicialmente alimentados a pilas, concretamente receptores en la mayoría de los casos.

Fuentes para taller y laboratorio - Capaces de suministrar una variedad de tensiones calibradas y máxima estabilidad, con consumos variados según las necesidades. Son las técnicamente más perfectas.

Fuentes a multivibrador - Generalmente destinadas a los servicios móviles para la alimentación de aparatos que precisan de tensión superior a la del acumulador o batería del vehículo, convierten la corriente continua de baja tensión en corriente alterna o pulsante para elevar entonces su tensión a través de un transformador al que le sigue el correspondiente rectificador y filtro para obtener finalmente la corriente continua de alta tensión. Los multivibradores pueden ser electrónicos o mecánicos.

Fuentes de poder (para emisión) - Fuentes de mucha energía para la alimentación de los transmisores, sobre todo del paso final. Son las más voluminosas y de mayor potencia, con grandes y pesados transformadores.

Clases A y B

[1]Transmisores: osciladores controlados por circuito oscilante: funcionamiento - [2]Estabilización de la frecuencia - Osciladores controlados por cristal - Sintetizadores - [3]Amplificadores y multiplicadores de alta frecuencia - Amplificador final y su acoplo a la antena.

Clase C

[1]Función de un oscilador: [2]estabilidad de frecuencia - [3]Función de los amplificadores.

[1]Transmisores: osciladores controlados por circuito oscilante: funcionamiento. A-B-C

Se denomina transmisor al equipo utilizado para generar y amplificar una señal de portadora de radiofrecuencia, modulándola con la información, y ponerla en situación de alimentar una antena para su radiación al espacio como onda electromagnética. El órgano principal o corazón de todo transmisor es el oscilador controlado, llamado comúnmente "oscilador maestro".

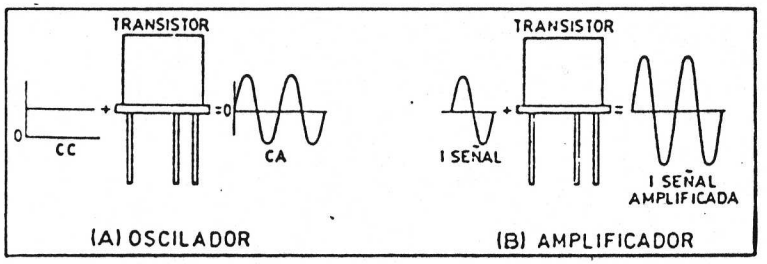


Fig. 21.R - Funciones osciladora y amplificadora del componente activo.

La función primordial de un oscilador es generar una frecuencia determinada y mantenerla dentro de los más estrechos límites que sea posible, sin variaciones ni deslizamientos. Cuando las válvulas o los transistores se utilizan como osciladores, se convierten en realidad en dispositivos que convierten la corriente continua en corriente alterna de alta frecuencia, como está indicado en la figura 1 (aquí la Fig. 21.R). Para llevar a cabo esta conversión de energía, la característica amplificadora de la válvula o del transistor se utiliza de forma adecuada para que puedan generarse oscilaciones sostenidas controladas.

Si en el funcionamiento de un componente activo como amplificador, parte de la energía amplificada del circuito de salida se conduce nuevamente al circuito de entrada, el componente puede generar corriente alterna sin necesidad de aplicar señal exterior alguna. Esto es así porque siempre puede obtenerse de la potencia de salida una energía superior a la necesaria para la excitación de la entrada y suficiente para producir nuevamente aquélla energía de salida, todo a expensas siempre de la fuente de corriente continua de alimentación del circuito de salida del componente (placa, colector o drenador).

Para mantener las oscilaciones es necesario sustraer cierta energía de la salida y reinyectarla a la entrada de forma tal que, en virtud de la amplificación, refuerce la propia energía de salida un instante después. A esto se le llama REALIMENTACION POSITIVA, siendo el principio básico de todo oscilador, ilustrado en la Fig. 2 (aquí la Fig. 22.R) tanto para las válvulas como para los transistores.

Esta realimentación positiva es la misma que se produce cuando en un sistema megafónico se aproxima demasiado el micrófono al altavoz; el resultado es un aullido continuo (oscilación continua) debido a que parte del sonido emanado por el altavoz vuelve a entrar (realimentación) en el amplificador a través del micrófono.

Se precisan dos condiciones esenciales para el mantenimiento de las oscilaciones: que la realimentación obtenida del circuito de salida esté en fase con la señal del circuito de entrada y que su energía sea suficiente para compensar las pérdidas del propio circuito. Todo este principio funcional está representado en la Fig. 22.R.

Conviene tener presente que ni la válvula ni el transistor son osciladores en sí mismos. La oscilación tiene lugar en el circuito resonante o sintonizado de placa o colector, una parte del cual puede ser la propia capacidad interelectródica del componente activo y la capacidad e inductancia distribuída en la realización física del circuito (cuando se aprovechan estas características, en el esquema parece faltar el condensador, la bobina o ambos a la vez).

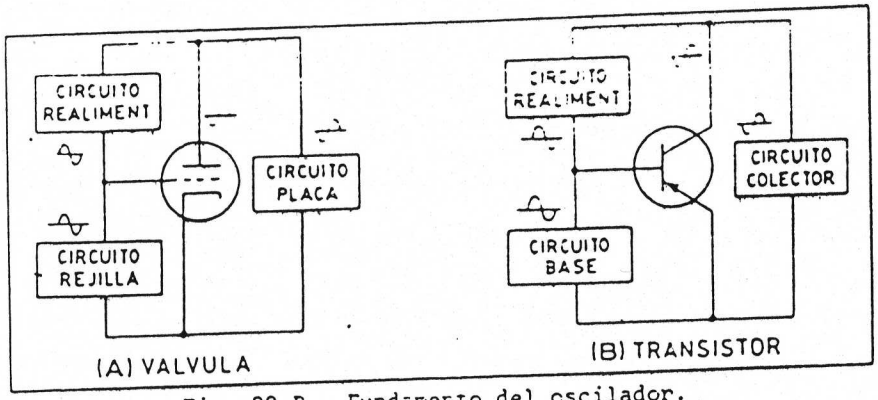


Fig. 22.R - Fundamento del oscilador.

La diferencia fundamental entre los distintos tipos de oscilador está en la forma o sistema para llevar a cabo la necesaria realimentación.

...: osciladores controlados por circuito oscilante: funcionamiento. A-B

La realimentación del circuito oscilador puede asociarse a un circuito oscilante resonante de forma que sólo tenga efecto para la frecuencia en que se halle sintonizado este último, como está mostrado en la figura 1 (aquí la Fig. 23.R) de forma que la energía de la oscilación sea máxima en el interior del circuito paralelo L1-C1 con condensador variable para su sintonía y el componente activo (en este caso la válvula triodo, pero que lo mismo podría ser un transistor) se limite a suministrar o reponer las pérdidas del mismo.

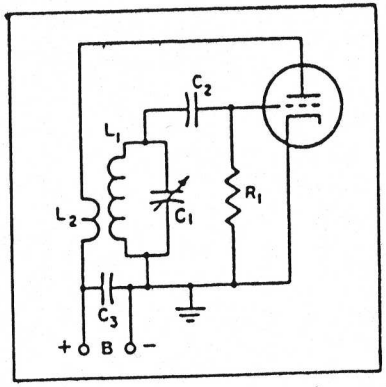


Fig. 23.R - Oscilador elemental o de Armstrong.

En el oscilador de Armstrong de la Fig. 1, las variaciones de corriente de placa o señal de placa circulan a través de L2 acoplada a la bobina del circuito resonante L1 sobre la que induce una corriente que al ser de igual frecuencia que la de resonancia de L1-C1 produce suficiente sobretensión de polarización para la rejilla, que a su vez da paso a la corriente de placa en cada alternancia, impulso que repone las pérdidas del circuito oscilante. El devanado de L2 tiene el sentido adecuado para proporcionar una realimentación positiva a la válvula.

La señal oscilante de salida puede obtenerse a través de un pequeño condensador unido a la placa o por un tercer acoplamiento inductivo débil a L1. Del oscilador de Armstrong se derivan los dos tipos más populares que han dado lugar a un gran número de variaciones y modificaciones según los casos: los osciladores HARTLEY y COLPITTS, mostrados en la figura 2 (aquí Fig. 24.R).

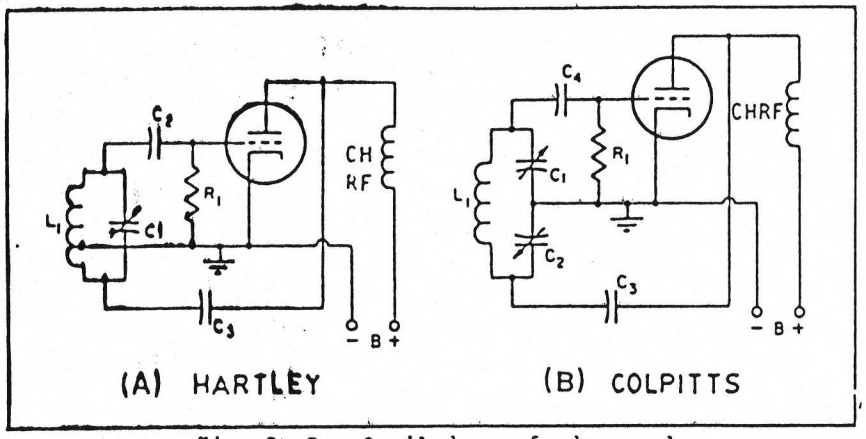


Fig. 24.R - Osciladores fundamentales.

El Hartley emplea la realimentación inductiva substituyendo el transformador de acoplamiento de la realimentación por un autotransformador, utilizando como tal al propio devanado del circuito oscilante. La corriente alterna o señal de placa circula por C3 y a través de la parte inferior del devanado de L1 hasta masa, autoinduciendo una corriente en toda la longitud de la propia L1 que desarrolla la tensión de polarización de rejilla al circular por C2-R1.

El Colpitts utiliza realimentación capacitiva. La señal de placa circula por C3 hacia C2 que forma parte de la propia capacidad de sintonía del circuito resonante cargando el condensador y originando, en la descarga, la circulación de la corrinete de realimentación a través de L1 y C1 y dando lugar a la sobretensión que a través de L4 queda aplicada a la rejilla.

En todas estas disposiciones pueden utilizarse transistores, siendo los del tipo MOSFET e IGFET los mayormente utilizados en la actualidad por sus mejores condiciones de estabilidad.

Estabilidad de la frecuencia A-B-C

La principal cualidad que se persigue en todos los circuitos osciladores es la estabilidad de frecuencia, que la frecuencia generada se mantenga libre de las variaciones provocadas por agentes exterio-

res como la temperatura, vibraciones mecánicas, inestabilidad de tensiones, etc. No existe ningún circuito capaz de mantener una estabilidad total en un oscilador de radiofrecuencia, pero se han conseguido combinaciones que permiten aproximarse mucho al oscilador ideal, aquél que una vez sintonizado no variara jamás de frecuencia, mediante la utilización de tensiones de alimentación rigurosamente estabilizadas, de elementos compensadores de temperatura, construcción mecánica muy cuidada y, últimamente, empleo de tensiones de error correctoras de cualquier desviación.

Para una operación correcta en banda lateral dentro del espectro de HF y de VHF, las frecuencias de sintonía de emisor y receptor, gobernadas por un oscilador, deberían mantenerse sin variaciones superiores a los 25 Hz durante el tiempo que dura una comunicación. Esto, en la banda de 28 MHz, representa una estabilidad superior a una millonésima, precisión del mismo orden que la de un reloj con variación inferior a medio segundo en una semana de marcha. En los osciladores de frecuencia fija, no sintonizable o variable, el cristal de cuarzo aporta la solución.

Osciladores controlados por cristal A-B

La substitución del circuito tanque resonante de un oscilador por un cristal de cuarzo del que se aprovechan sus propiedades piezoeléctricas (generación de una diferencia de potencial entre dos caras opuestas cuando se las somete a una presión o deformación física y viceversa) es capaz de proporcionar la mayor estabilidad de frecuencia conseguida hasta ahora, aportando un factor de calidad o Q que va de 20.000 a un millón, valor imposible de obtener en un circuito LC. El acoplamiento al circuito se realiza por las plaquitas de sus soportes que presionan sobre él por caras paralelas, cual si se tratara del dieléctrico de un condensador. El aspecto físico exterior (cápsula) y el símbolo esquemático del cristal de cuarzo está mostrado en la figura 1 (aquí Fig. 25.R).

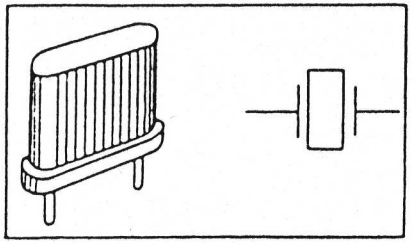


Fig. 25.R - Aspecto físico y símbolo del cristal de cuarzo.

En el oscilador a cristal la frecuencia generada depende casi exclusivamente de las dimensiones y talla del cristal. Estas dimensiones son lógicamente sensibles a la temperatura y ello va en perjuicio de la estabilidad, por lo que los osciladores de gran precisión encierran el cristal de cuarzo en el interior de una cámara climática llamada "oven" con temperatura estabilizada por termostato y automáticamente regulada.

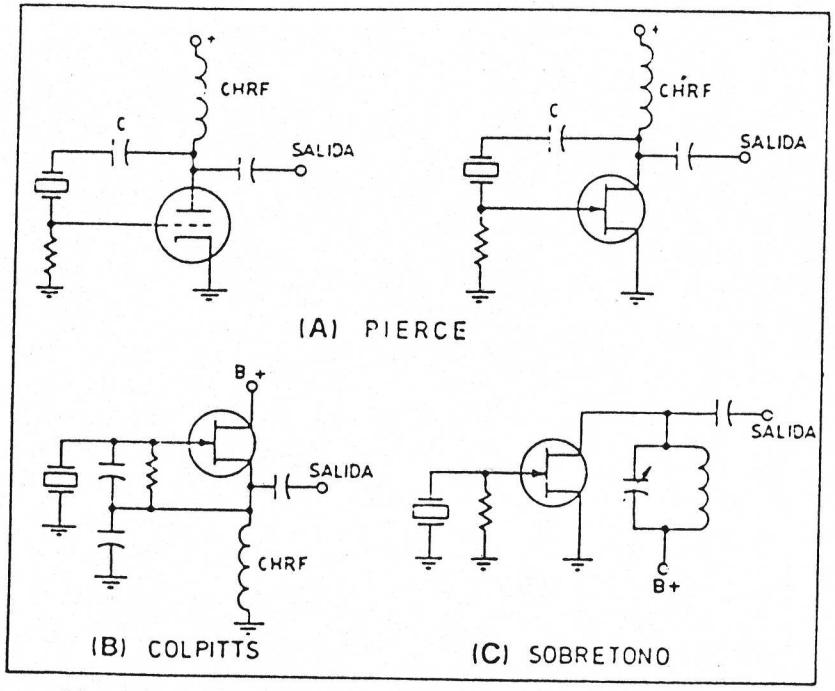


Fig. 26.R - Circuitos osciladores a cristal.

La desventaja del oscilador controlado por cristal es que su frecuencia es fija, no puede variarse a voluntad en un instante dado, puesto que sería preciso alterar la forma del propio cristal, excepto en un margen muy pequeño de frecuencia que puede obtenerse a través de un condensador de ajuste. Con todo, el oscilador controlado por cristal de cuarzo es el circuito generador de radiofrecuencia más estable de que puede disponer el radioaficionado, siendo capaz de presentar una estabilidad del orden de 50 partes por millón (o sea de 50 Hz por cada MHz) y ello sin tomar precauciones especiales.

La figura 2 (aquí Fig. 26.R) muestra los circuitos osciladores más comunes. En (A) la versión PIERCE con válvula y con transistor FET, con realimentación capacitiva a través del condensador C. En (B) la configuración Colpitts a cristal y en (C) una disposición con circuito tanque sintonizado a una frecuencia múltiplo de la del propio cristal y a la que se obtiene la señal de salida (doblador si es múltiplo par y "de sobretono" si es múltiplo impar).

Sintetizadores A-B

Para obtener la máxima precisión y estabilidad de frecuencia en osciladores variables, en que pueda elegirse la frecuencia de trabajo, la tecnología moderna ha buscado la solución en la creación de complejos dispositivos consistentes en la mezcla de la señal de un oscilador de frecuencia fija controlado por un cristal de cuarzo y la salida de un oscilador variable convencional de frecuencia relativamente mucho más baja y por tanto con menor inestabilidad. Estos dispositivos reciben el nombre de sintetizadores.

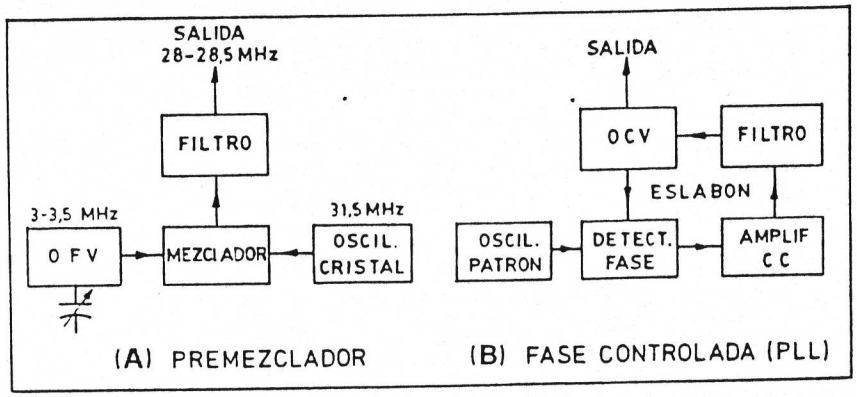


Fig. 27.R - Sintetizadores modernos.

El sintetizador PLL o de fase controlada *(Phase Locked Loop)* es de los más modernos y en él un oscilador variable controlado por tensión (OCV) envía una muestra de su señal a un detector de fase que recibe a la vez la señal de un oscilador patrón de alta precisión (cristal o sintetizador). El detector de fase compara las dos señales y produce una "señal de error" si no existe sincronismo o "enclavamiento" de fase, bajo forma de una tensión continua que es amplificada y enviada como corrección al oscilador controlado por tensión. La figura (aquí Fig. 27.R) esquematiza estos sintetizadores.

[3]Amplificadores y multiplicadores de alta frecuencia A-B-C

La función de los amplificadores es aumentar la magnitud o energía de una señal sin modificar sensiblemente su forma de onda. El amplificador transfiere la energía procedente de una fuente independiente (alimentación de placa o colector) a la señal de entrada que se ve así reproducida y aumentada en el circuito de salida. Para ello se utiliza un componente activo convenientemente polarizado que puede ser la válvula o el transistor, cuya modalidad de trabajo en clase A, B o C dependerá precisamente del valor de dicha polarización. La disposición o forma de estar conectado el componente activo en el circuito, su configuración, puede ser de cátodo o emisor común, rejilla o base común y placa o colector común; siempre hay un electrodo que es común a los circuitos de entrada y salida del amplificador.

La función amplificadora se divide en dos grandes grupos: AMPLIFICADOR DE TENSION y AMPLIFICADOR DE CORRIENTE.

El amplificador de tensión está diseñado para que una señal de variación de tensión aplicada a la entrada se reproduzca con variaciones de tensión mucho más pronunciadas en la carga del circuito de salida, un resistor, una bobina o, en radiofrecuencia, un circuito sintonizado, y se caracteriza por el elevado valor de la impedancia de esta carga para que entre sus extremos pueda producirse una diferencia o caída de tensión elevada, aún con la mínima circulación de corriente.

El amplificador de corriente presenta una carga de baja impedancia al objeto de que la corriente circulante sea muy intensa y se recoja a la salida gran cantidad de energía (puesto que $W = I^2.R$, o sea que la energía es proporcional al cuadrado de la intensidad.

Los amplificadores de tensión son más propios de los receptores con su señal débil, y los amplificadores de corriente de los emisores, con su señal potente, aun cuando ambos se empleen en unos y otros según convenga a la finalidad del circuito (el amplificador que precede al altavoz en los receptores, es de corriente, y los amplificadores de las primeras etapas de los emisores, tras el oscilador maestro, son de tensión).

Al efecto amplificador se le denomina GANANCIA y está determinada por la relación entre la variación de tensión de salida y la variación de tensión de entrada en los amplificadores de tensión, y por el cociente de la potencia de salida dividido por la potencia de entrada en los amplificadores de potencia. En cualquier caso, se persigue siempre la menor deformación o distorsión de la señal.

A-B

Los amplificadores de alta frecuencia se distinguen generalmente por presentar circuitos resonantes o sintonizados a la entrada y a la salida de señal, como muestra la figura 1 (aquí Fig. 28.R) en (A) con válvula triodo y en (B) con transistor bipolar. Como la válvula es un componente de alta impedancia de entrada y salida, los circuitos resonantes son paralelo (tanque) mientras que como el transistor bipolar es componente de baja impedancia de entrada y salida, lleva circuitos resonantes serie.

Cuando el circuito resonante de salida del amplificador de radiofrecuencia se sintoniza a una frecuencia múltiplo exacto de la frecuencia de resonancia del circuito de entrada, el amplificador se convierte en un CIRCUITO MULTIPLICADOR. La utilidad del multiplicador es que permite al oscilador maestro generar una frecuencia inferior a la necesaria y por tanto con mayor estabilidad, que luego ya se verá multiplicada hasta alcanzar la frecuencia de emisión.

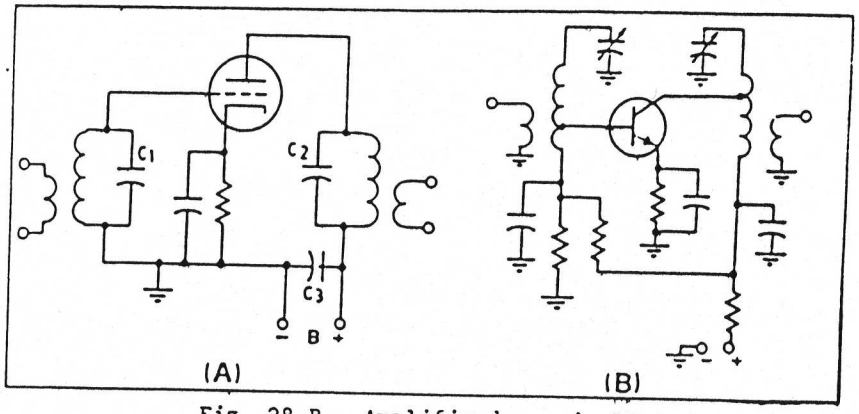


Fig. 28.R - Amplificadores de RF.

La multiplicación de frecuencia tiene un límite, puesto que cuanto más alto es el factor multiplicador de un circuito, menor es la ganancia del mismo.

Ciertos circuitos especiales que van siempre detrás del oscilador, tomando la señal del mismo, trabajan sin ganancia y reciben el nombre de SEPARADORES (o BUFFER). Su misión es la de separar o interponerse entre el oscilador y su carga al objeto de que las variaciones de esta última no puedan perjudicar a la estabilidad de la frecuencia generada en el oscilador.

Amplificador final y su acoplo a la antena A-B

El amplificador final (último, el de más potencia) de un transmisor puede ser: de terminación única, paralelo o de contrafase (push-pull). El amplificador de terminación única está constituído por un solo componente activo, válvula o transistor de potencia, que suministra la señal a la antena mediante un acoplamiento de su tanque final a la misma por eslabón o por medio de un circuito "en pi", ambos mostrados en la figura 1 (aquí la Fig. 29.R).

La terminación en paralelo es esencialmente la misma que la terminación única pero con la adición de una o más válvulas o transistores en paralelo con el componente activo. Se unen entre sí los electrodos iguales (rejilla con rejilla, colector con colector, etc) y la potencia total de entrada es igual a la suma de las corrientes de cada componente multiplicado por la tensión de alimentación del paso final o común a todos los componentes activos. La salida nunca llega a alcanzar el doble de la de un solo componente.

El amplificador push-pull o en contrafase consta de dos componentes activos independientes a los que un devanado con toma media pro-

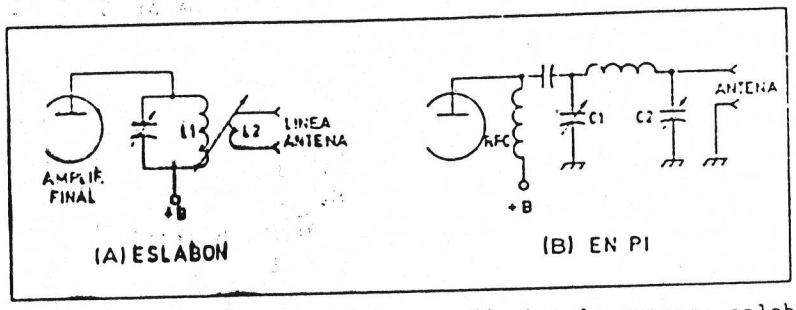


Fig. 30.R - Acoplamiento del paso final a la antena: eslabón (A) y circuito en pi (B).

porciona dos señales de entrada de igual amplitud pero desfasadas entre sí en 180° (contrafase) para que cuando la corriente de placa o de colector en un componente activo sea máxima, en el otro sea mínima. Mediante la conexión de las salidas a los respectivos extremos de una segunda bobina con toma media, las dos señales se combinan en fase y suman sus efectos.

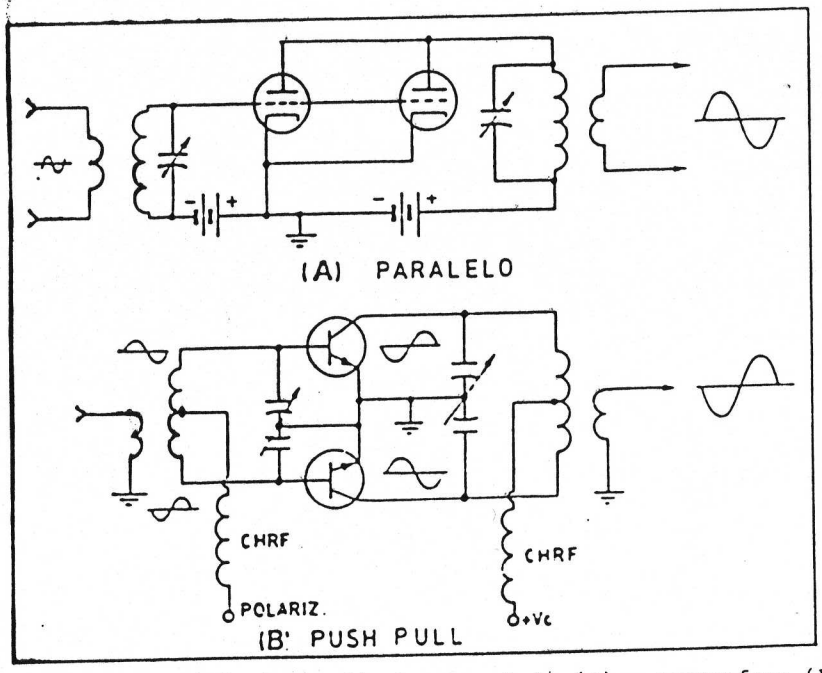


Fig. 30.R - Amplificadores finales paralelo (A) y contrafase (B).

La gran ventaja del circuito push-pull es que las señales espurias correspondientes a los armónicos impares se cancelan mutuamente, permitiendo el uso de amplificadores clase B prácticamente libres de distorsión. Se les utiliza a menudo en emisoras de VHF.

La figura 2 (aquí la Fig. 30.F) muestra simplificados los esquemas de las terminaciones paralelo (A) y push-pull o contrafase (B).

Los amplificadores finales raramente trabajan en clase A debido a que el rendimiento es muy pobre en esta modalidad. Pero como sea que las clases AB, B y C suelen generar muchos armónicos, las válvulas finales se utilizan unidas a circuitos resonantes de elevado Q en el circuito de salida, cuya presencia y cualidades permite recuperar la forma de onda de radiofrecuencia.

Por el contrario, los transistores finales suelen emplear transformadores de acoplamiento de banda ancha en la entrada y en la salida y estos no cancelan los armónicos, razón por la que el acoplamiento a la antena requiere un mayor número de filtros pasa bajos o de paso de banda en evitación de la radiación armónica exagerada.

La clase C es la que trabaja con mayor rendimiento, pero es a la vez la que introduce mayor distorsión de la señal, por lo que únicamente se emplea en los transmisores de telegrafía y nunca en los amplificadores finales de banda lateral única.

Clases A y B

[1]Modulación de amplitud: diversos tipos - Bandas laterales - Porcentaje de modulación - [2]Anchura de banda - Sobremodulación y modo de evitarla - Emisión en banda lateral única.

Clase C

[1]Concepto de la modulación - [2]Anchura de banda

[1]Modulación de amplitud: diversos tipos — A-B-C

La señal de salida de un micrófono frente al cual se habla, llamada señal de audio, contiene la inteligencia transmitida por la voz pero, dada su baja frecuencia, no es apta para poder ser radiada y alcanzar grandes distancias ni tampoco se halla dentro de las bandas de emisión autorizadas al aficionado. Antes de que pueda ser radiada por una antena, es preciso transformarla en una radiofrecuencia que sí se halle dentro de las bandas autorizadas y que, además, conserve toda la inteligencia de la señal de audio. Al proceso de esta transformación se le llama MODULACION, siendo los dos sistemas mayormente empleados por los radioaficionados la modulación de amplitud y la modulación de frecuencia, de los que aquí, ahora, sólo interesa el primero, representado básicamente en la figura 1 (Fig. 31.F).

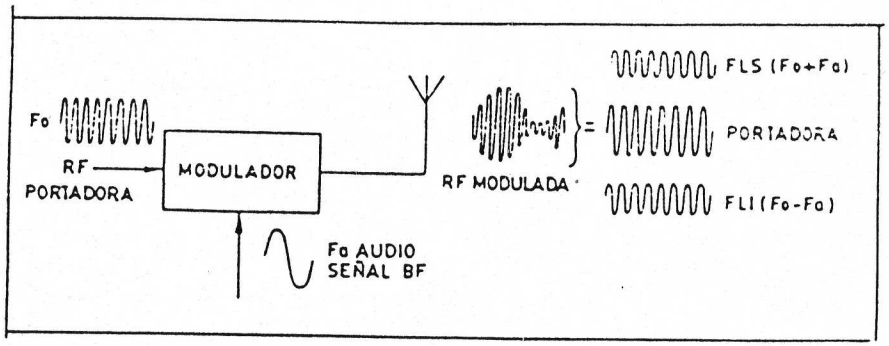


Fig. 31.R - Concepto de la modulación.

Al hablar de "modulación" se piensa enseguida en la transmisión radiotelefónica, pero debemos tener presente que el término es mucho más amplio y que abarca diversas clases de transferencia de la inteligencia, como por ejemplo la modulación por impulsos (radar), por alguna de las distintas formas codificadas utilizadas en las comunicaciones o por la simple manipulación del código Morse. En cualquier caso, todo proceso de modulación transfiere la inteligencia a lo que sin ella sería una simple onda de radiofrecuencia que, por sí misma, sólo es capaz de denotar su existencia.

El proceso de imprimir la inteligencia de la onda de audio en la onda de radiofrecuencia apta para ser radiada al eter por una antena, tiene lugar en el MODULADOR al que, como vemos en la Fig. 31.R, llegan dos señales, una de radiofrecuencia procedente de un oscilador local llamada "onda portadora" y la señal procedente del micrófono que, para mayor simplicidad, suponemos aquí de una sola frecuencia. En el modulador se produce una mezcla o "heterodinación" cuyo resultado es, a la salida, una onda de radiofrecuencia modulada sobre cuyas crestas de amplitud variable aparece o cabalga la forma de onda de audio conteniendo la inteligencia.

Esta señal o energía de radiofrecuencia modulada está constituída por tres señales: una señal de la misma frecuencia que la onda portadora de entrada al modulador y de doble amplitud que cada una de las otras dos; una señal lateral superior cuya frecuencia es igual a la de la onda portadora más la de la señal de audio moduladora (FLS = Fo + Fa) y cuya amplitud es la mitad de la señal anterior, y una tercera señal lateral inferior cuya frecuencia es igual a la de la portadora menos la de la señal de audio moduladora (FLI = Fo-Fa) de amplitud igual a la señal de frecuencia lateral superior.

Hasta aquí el fenómeno de la modulación ha tenido lugar con una sola frecuencia de audio, de micrófono, pero la voz humana y por tanto la salida de micrófono al hablar delante de él contiene multitud de frecuencias comprendidas entre 500 y 5.000 Hz aproximadamente

Bandas laterales

Cuando la señal moduladora es la voz humana, las señales laterales contienen tantas frecuencias como las hay en la propia voz y ocupan una banda en lugar de una sola frecuencia (BANDA LATERAL SUPERIOR y BANDA LATERAL INFERIOR).

Este proceso está representado en la Fig. 32.R a través de una visión del espectro de frecuencias. La señal de audio, compuesta de multitud de frecuencias bajas se mezcla con la señal de onda portadora de 3.900 kHz (radiofrecuencia) y el resultado es una señal de la misma frecuencia de la onda portadora y de gran amplitud, una serie de frecuencias que constituyen la BANDA LATERAL INFERIOR por debajo de aquélla y otra serie igual de frecuencias que constituyen la BANDA LATERLA SUPERIOR por encima de la portadora, ambas bandas laterales de amplitud inferior a la mitad (o como máximo igual a la mitad) de la amplitud de la onda portadora.

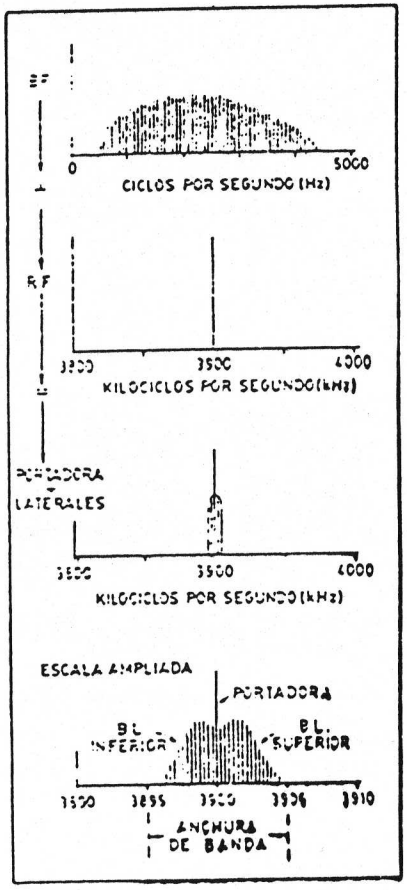


Fig. 32.R - Modulación por la voz

Para el estudio de la modulación suele representarse en un sólo gráfico la composición de la onda portadora y las dos bandas laterales cabalgando sobre la misma y modificando su amplitud, como en las Figs. 31.R y 33.R, tomando la onda modulada la forma de una sola frecuencia (la de la portadora) con variaciones de amplitud presentes en la onda moduladora.

En realidad la onda portadora no varía de amplitud durante el proceso, como muestra el análisis espectral de la Fig. 32.R y toda la modulación está contenida en las dos bandas laterales, que sí varían constantemente de amplitud siguiendo las alteraciones de la onda de baja frecuencia.

Porcentaje de modulación A-B

El porcentaje de modulación es el resultado de la comparación o relación de amplitudes de las dos ondas que intervienen en una modulación; la portadora de radiofrecuencia y la moduladora de baja frecuencia, a través de la resultante obtenida u onda modulada. Se obtiene una modulación del 100 por ciento (condición idónea) si la amplitud de la onda modulada resultante va de cero a dos veces el valor de la amplitud de la onda portadora sin modular, lo que equivale a decir que la portadora de radiofrecuencia y la moduladora de baja frecuencia tienen la misma amplitud de cresta (+1 en A de la Fig. 33.R).

En A de la Fig. 33.R la señal de baja frecuencia moduladora (BF) tiene la amplitud justa para que la amplitud de la portadora descienda a cero en los valles de la señal de audio y alcance el doble del valor de su amplitud sin modular en las crestas de las señal de audio. Representa pues el 100% de modulación o máximo permitido.

En B de la misma Fig. 33.R la amplitud de la baja frecuencia moduladora es la mitad que en A. La portadora resultante disminuye su amplitud sólo a la mitad del valor de la misma sin modulación en los valles y alcanza sólo 1,5 veces el valor sin modular en las crestas. Esto representa el 50% de modulación.

Siempre que no exceda del 100%, el porcentaje de modulación, a la vista de la onda resultante, puede calcularse matemáticamente por la fórmula:

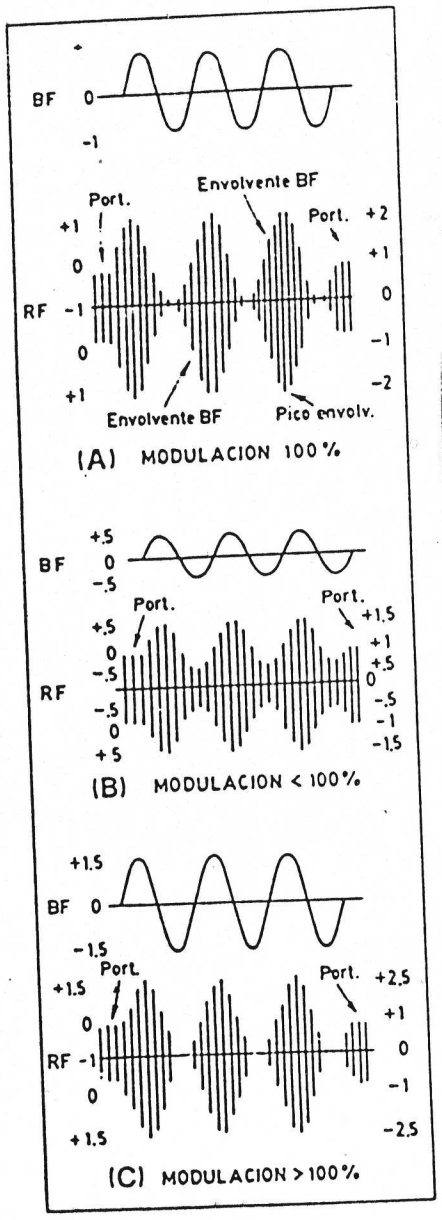


Fig. 33.R - Porcentaje de modulación y sobremodulación.

$$\% \text{ MOD} = \frac{A - B}{A + B} \times 100$$

siendo A = amplitud máxima y B = amplitud del valle, ambas de la resultante. Así en (A) de la Fig. 33.R:

$$\% \text{ MOD} = \frac{2-0}{2+0} \times 100 = 100\%$$

En (B) de la misma figura:

$$\% \text{ MOD} = \frac{1,5 - 0,5}{1,5 + 0,5} \times 100 = 50\%$$

Evidentemente, con la voz como señal moduladora, el porcentaje de modulación cambia constantemente de valor, puesto que unas sílabas suenan más fuertes que otras y en una frase, todo el mundo aumenta o disminuye el volumen de la voz según el énfasis.

[2]Anchura de banda A-B-C

Es el margen de frecuencias ocupado por una emisión modulada y que en el caso de la modulación de amplitud por la voz, va desde la frecuencia más baja de la banda lateral inferior a la frecuencia más alta de la banda lateral superior, siendo prácticamente igual al doble de la anchura de banda ocupada por la señal de audio moduladora.

Como puede verse en la parte inferior de la Fig. 32.R, a escala ampliada, la emisión radiofónica no ocupa solo una frecuencia del espectro, sino una ANCHURA DE BANDA que en este caso es igual a la diferencia 3.905 - 3.895 = 10 kHz.

En la emisión de radioaficionado, la modulación de amplitud ocupa unos 6 kHz de anchura de banda, pero al emplear la BANDA LATERAL UNICA, sea la superior o la inferior, la ocupación del espectro se reduce a la mitad (3 kHz aproximadamente). La anchura de banda ocupada por una emisión en Morse no va más allá de 200 Hz (0,2 kHz) aumentando con la velocidad de la manipulación, y de aquí que sea el Morse (sólo portadora y manipulación) el sistema menos sujeto a interferencias y que asegure un mayor número de comunicaciones dentro de una determinada banda de frecuencias.

Sobremodulación y modo de evitarla A-B

La sobremodulación es el resultado de exceder el porcentaje del 100% en una modulación, o lo que es lo mismo, de la utilización de una señal de audio moduladora demasiado fuerte y cuya amplitud excede de la amplitud de la onda portadora de radiofrecuencia, dando lugar a una emisión distorsionada y a la producción de gran número de frecuencias espurias interferentes que sobrepasan la anchura de banda necesaria y autorizada, fenómeno conocido también como "splatter"

que debe evitarse a toda costa, tanto por ser ilegal como por molestar indebidamente a los demás colegas ocupantes de la banda.

En nuestros días la causa principal del "splatter", con el uso de transmisores de banda lateral única, está en la posición excesivamente avanzada del mando regulador de la ganancia de micrófono, posición incorrecta motivada en casi todas las ocasiones por ir en busca de una mayor lectura en el instrumento que mide la salida relativa del emisor (pero que nada dice de la sobremodulación y splatter producidos). Es pues el cuidado en el manejo del mando de ganancia de micrófono, tras una cuidadosa lectura de las instrucciones o Manual de Manejo del transmisor suministrado por su fabricante, el mejor modo de evitar estos defectos e ilegalidades.

Las lecturas de la radiofrecuencia de salida indicadas en el Manual operativo deben respetarse rigurosamente y si no se sobrepasan, no habrá sobremodulación. Algunos emisores incorporan limitadores y recortadores de audio automáticos con la finalidad de no sobrepasar nunca el límite de modulación al 100%.

La Fig. 33.R muestra en (C) la situación de sobremodulación. Existe un espacio de tiempo en que no hay emisión, cosa indeseable porque conduce a la distorsión puesto que la forma de la envolvente de modulación deja de ser la fiel reproducción de la onda moduladora y el operador del lado receptor percibe consecuentemente una señal distorsionada. Las crestas de la onda modulada pueden verse también recortadas (al igual que lo están los valles sobre la línea cero) por saturación de los pasos amplificadores ante el exceso de amplitud de la radiofrecuencia modulada ocasionado por el exceso de audio, dando lugar a la generación de gran número de frecuencias espurias interferentes.

Emisión de banda lateral única

A-B

Puesto que la onda portadora sólo sirve de vehículo, sin que contenga en sí ningún mensaje inteligente y puesto que esta inteligencia está íntegramente comprendida en cada una de las bandas laterales, bastará la transmisión de UNA SOLA BANDA LATERAL, suprimiendo la portadora y la otra banda lateral para que la comunicación no pierda efectividad y signifique un considerable ahorro de energía y de anchura de banda ocupada.

La eliminación de la onda portadora de la señal modulada que debe ser transmitida requiere el uso de un modulador especial denominado "modulador equilibrado" a cuya salida se obtiene sólo la doble banda lateral, sin portadora. A este modulador le sigue un filtro de banda de paso y alta selectividad constituído generalmente por la asociación de varios cristales de cuarzo con su elevado factor de mérito o Q, que únicamente permite el paso de las frecuencias comprendidas en UNA SOLA de las bandas laterales, anulando la otra. A partir de la salida del filtro, la señal es ya de banda lateral única y sólo resta amplificarla hasta su salida por antena.

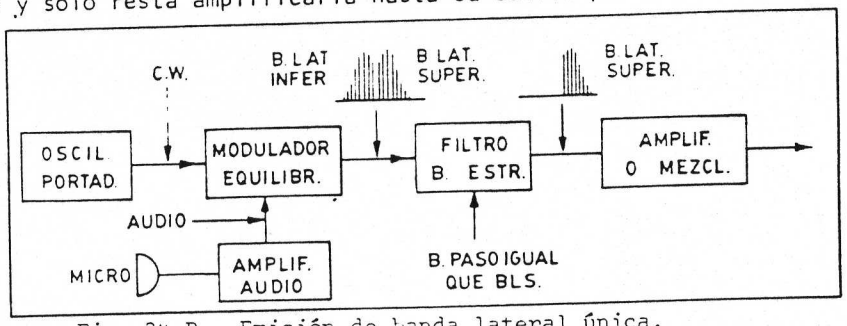


Fig. 34.R - Emisión de banda lateral única.

La Fig. 34.R muestra el esquema de bloques del transmisor de banda lateral unica (a la que desde ahora designaremos por BLU). El modulador equilibrado recibe por un lado la señal de portadora (radiofrecuencia) y por el otro la señal de audio procedente del micrófono una vez amplificada. La salida del modulador es una señal de doble banda lateral con portadora suprimida que se dirige hacia el filtro cuya banda de paso es de aproximadamente 3.000 Hz en radiofrecuencia, y que por lo tanto suprime todas las frecuencias por encima y por debajo de esta banda de paso (f1-f2 = 3.000 Hz, diendo f1 y f2 las radiofrecuencias límites de una banda lateral resultante de la modulación de la portadora de radiofrecuencia generada por un oscilador a cristal para máxima estabilidad).

La figura muestra el paso de la banda lateral superior a través del filtro. La selección de la banda lateral puede invertirse aumentando en 3 kHz la frecuencia de la onda portadora, de forma que sea la banda lateral inferior la que venga a caer dentro de la banda de paso del filtro y la superior quede fuera de la misma, en frecuencia más alta.

Los amplificadores previos y en ocasiones un mezclador o conversor de frecuencia que permite la generación de la banda lateral en frecuencia mucho más baja y cómoda de manejar que la que finalmente ha de ser la de emisión, se hacen cargo de la señal de BLU hasta llevarla al amplificador final del emisor, que debe ser rigurosamente lineal para no deformarla.

La emisión en banda lateral única se ha impuesto mundialmente en todas las comunicaciones de radioaficionados por fonía. Generalmente se acepta que bajo condiciones difíciles de comunicación (muy larga distancia, desvanecimiento, interferencias, etc) se requiere siete veces más potencia de salida en un emisor de AM que en uno de BLU

para proporcionar una recepción de igual legibilidad a un receptor situado a la misma distancia. En una determinada banda de aficionados "caben" o pueden trabajar un número de emisoras de BLU doble que en AM (... y quince veces más emisoras de Morse que de BLU) dadas las distintas anchuras de las bandas necesarias para la comunicación (6 kHz, 3 kHz y en Morse, 200 Hz).

Recordemos que las válvulas y los transistores finales tienen una limitación de disipación: en AM el límite es el mismo que en BLU, pero mientras que en el primer caso disipa una portadora de doble amplitud y una banda lateral inútiles desde el punto de vista de la comunicación, en BLU toda la disipación podrá destinarse a una sola banda lateral útil para la comunicación.

Clases A y B

Modulación de frecuencia y de fase - Desviación de frecuencia - Indice de modulación - Bandas laterales - Anchura de banda.

Modulación de frecuencia y de fase A-B

La inteligencia puede imprimirse en una onda portadora mediante la modulación de alguna de sus características que no sea precisamente su amplitud, como por ejemplo su frecuencia o su fase. Cuando la frecuencia de una portadora se altera de acuerdo con la amplitud de una señal de audio, se obtiene una MODULACION DE FRECUENCIA o FM. Cuando se altera la fase de dicha portadora, se obtiene una MODULACION DE FASE o PM *(Phase Modulation)*. La modulación de frecuencia y la modulación de fase son prácticamente inseparables, puesto que no puede haber ninguna variación de fase sin variación de frecuencia y viceversa.

La principal ventaja de la modulación FM está en su reducida susceptibilidad al ruido y a la interferencia, la primera por el propio hecho de que la información se imprime como una alteración de frecuencia, mientras que el ruido y otras perturbaciones se originan y alteran las variaciones de amplitud de una señal que no afectan al detector de FM. Esto ha hecho que se la utilice principalmente en los siempre más ruidosos servicios móviles.

En contraposición, su mayor desventaja está en la mayor anchura de banda que precisa para la comunicación oral, mayor incluso que en AM y en lo poco efectiva que resulta para su propagación ionosférica, todo lo cual la ha relegado prácticamente a las bandas de VHF y UHF, donde opera con ventajas.

La figura 1 (aquí la Fig. 35.R) muestra el fundamento de la modulación de frecuencia. Cuando a la portadora (A) se le aplica la baja frecuencia moduladora (B), su frecuencia aumenta durante la alternancia positiva de (B) y disminuye durante la alternancia negativa de esta misma (B), dando como resultante la onda modulada (C) en la cual los ciclos de radiofrecuencia presentan distinta duración o periodo, ocupan menos tiempo (mayor frecuencia) cuando la señal moduladora es positiva y más tiempo (menor frecuencia) cuando la señal moduladora es negativa.

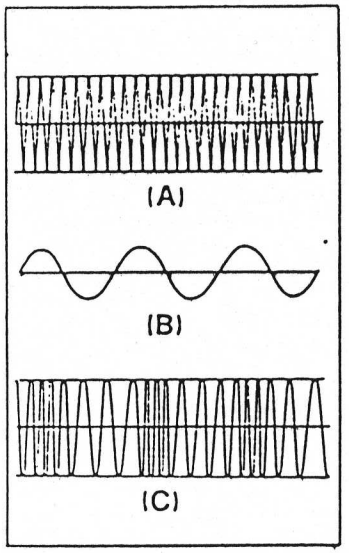


Fig. 35.R - Modulación de frecuencia.

La variación o desviación de la frecuencia portadora es así proporcional a la amplitud instantánea de la señal moduladora, o sea que la desviación es pequeña si la amplitud de la onda de baja frecuencia (B) es también pequeña, y la desviación alcanza su máximo cuando la onda de baja frecuencia pasa por sus picos, ya sean positivos o negativos. La amplitud de la onda modulada no varía, como ocurría en AM, sino que se mantiene constante en el mismo valor.

Si la señal portadora generada por un transmisor se modula por una señal de baja frecuencia de un solo tono de 1.000 Hz, la onda modulada presentará una portadora con variaciones por encima y por debajo de su frecuencia central a razón de 1.000 variaciones por segundo, pero la cantidad de Hz que variará, entre su máxima y mínima frecuencia dependerá exclusivamente de la amplitud y de la frecuencia de la señal moduladora. En este mismo ejemplo, si la señal de audio de 1.000 Hz produce una desviación de, digamos, 5 kHz, al doblar la amplitud de la señal de audio se producirá una desviación de 10 kHz, pero la onda modulada conservará su amplitud invariable.

La figura 2 (aquí la Fig. 36.R) muestra el circuito modulador de frecuencia más sencillo. Se trata de un diodo varicap D (diodo cuya capacidad entre sus electrodos varía sensiblemente con la diferencia de tensión aplicada entre los mismos) formando parte del circuito resonante L1-C3-D1 que a su vez es el tanque de un oscilador, y que se halla polarizado a conducción abierta por la tensión continua Vp que le llega a través de R1.

La señal de audio moduladora se superpone a la tensión continua de polarización Vp y altera la capacidad del diodo siguiendo sus valo-

res de amplitud, con lo que simultáneamente se altera la capacidad del circuito oscilante D-C3-L1 y la frecuencia de la señal producida en el mismo, con lo que la señal de salida del oscilador es una frecuencia modulada como la mostrada en la figura. El circuito oscilante produce la portadora cuando no existe señal de audio, portadora que varía de frecuencia cuando la presencia de la señal de baja frecuencia altera la capacidad del diodo D.

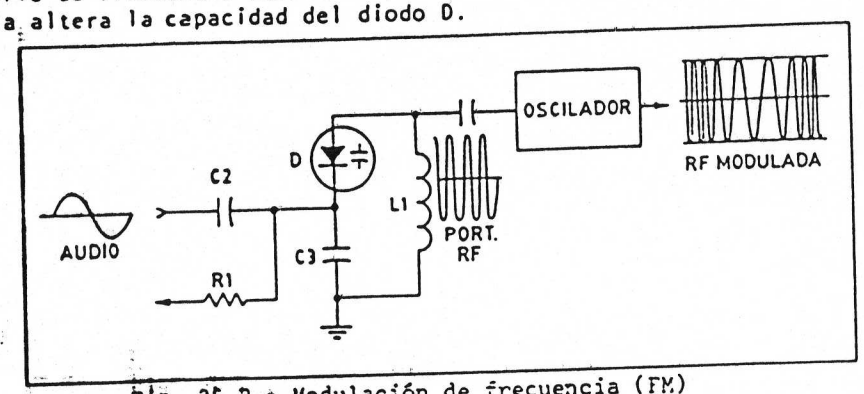


Fig. 36.R - Modulación de frecuencia (FM)

Desviación de frecuencia

A-B

Es la máxima variación de frecuencia que presenta la onda modulada con respecto a la onda portadora y que lógicamente se produce en los picos de la onda de baja frecuencia moduladora.

La desviación de frecuencia de ± 5 kHz establece la norma para la emisión de radioaficionado a la que se conoce como "frecuencia modulada de banda estrecha" y que representa un compromiso entre la calidad de la comunicación hablada y el máximo aprovechamiento posible del espectro de radiofrecuencia autorizado.

Puesto que esta desviación es proporcional a la amplitud de la señal moduladora de audio (voz) en los emisores de FM se utiliza un recortador de audio entre micrófono y modulador al objeto de fijar la amplitud máxima de la señal de audio que puede llegar al modulador y asegurar, en consecuencia, que la máxima desviación de frecuencia no sobrepase los ± 5 kHz establecidos por la norma.

Indice de modulación

A-B

El índice de modulación es la relación entre la desviación de frecuencia en Hz y la frecuencia, también en Hz, de la señal de audio que la produce:

$$IM = \frac{\text{desviación (Hz)}}{f_{audio}\ (Hz)}$$

Si la desviación máxima de frecuencia en un emisor de FM es de 5.000 Hz a cada lado de la frecuencia portadora, el índice de modulación cuando la señal moduladora sea de 1.000 Hz, será de 5000/1000 = = 5, y cuando la señal moduladora sea de 3.000 Hz, el índice será de 5.000/3.000 = 1,66, etc.

En la modulación de fase el índice es constante cualquiera que sea la frecuencia de la señal moduladora. En la modulación de frecuencia el valor del índice varía con la frecuencia de la señal moduladora.

Bandas laterales

A-B

En la modulación de amplitud existen únicamente dos bandas laterales, la superior y la inferior, pero en la modulación de frecuencia y en la modulación de fase existen bandas laterales en todas las frecuencias múltiplos enteros de la frecuencia de la señal moduladora a cada lado de la frecuencia portadora, con amplitud decreciente a medida que se alejan de la misma.

Si suponemos una sola baja frecuencia moduladora de 2.000 Hz sobre una portadora de 29,5 MHz, el primer par de bandas laterales aparecerán en 24,498 MHz y en 29,502 MHz. El segundo par de bandas laterales estará en 24,496 MHz y 29,504 MHz, y el tercer par en 24,492 y 29,506 MHz. En una emisión AM las bandas laterales aparecerían únicamente en 29,494 MHz y 29,502 MHz, siempre que no se sobrepasara el 100% de porcentaje de modulación (siempre que no hubiera splatter). De aquí que la anchura de banda ocupada por la emisión FM sea muy superior a la ocupada en BLU e incluso en AM.

La amplitud de cada par de bandas laterales y por lo tanto el número significativo de las mismas, depende del índice de modulación y no de la desviación de frecuencia. Así como en AM la portadora tiene una amplitud constante y sólo varían las amplitudes de las bandas laterales, en FM la amplitud de la portadora también varía con el índice de modulación. Cuando el valor de este índice es de aproximadamente 2,4, la portadora desaparece por entero y toda su energía pasa a las bandas laterales, por lo que la energía de la emisión, distribuída de una u otra manera según el índice de modulación, siempre da el mismo total.

Anchura de banda

A-B

Puesto que la desviación de frecuencia se refiere sólo a la variación en un sentido, la anchura de banda total comprende dos desviaciones, por arriba y por abajo de la portadora, y en la misma habrá que tener en cuenta, además, la frecuencia de la señal portadora.

Como regla práctica, la anchura de banda de una emisión en frecuencia modulada es igual a la desviación total de frecuencia (dos veces la desviación máxima) más la frecuencia más elevada contenida en la señal de audio moduladora, lo que matemáticamente se expresa como:

$$\text{Anchura de banda} = 2(\Delta F) + F_{Amax.}$$

En la emisión de radioaficionado en frecuencia modulada de banda estrecha ($\Delta F = \pm 5$ kHz), la anchura de banda ocupada, contando que se transmite la voz con una frecuencia máxima de audio de 3 kHz, será de $(2 \times 5) + 3 = 13$ kHz (recordemos que la anchura de banda de la AM es de 6 kHz, la de BLU de 3 kHz y la del Morse a velocidad normal de 200 Hz).

RESUMEN

Cuanto se ha venido diciendo respecto a la modulación en FM queda resumido y evidenciado en el esquema de bloques de un transmisor de FM, mostrado en la figura 37.R.

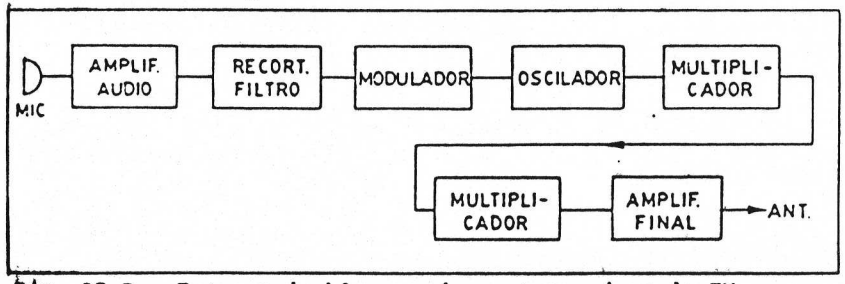


Fig. 37.R - Esquema de bloques de un transmisor de FM.

La señal de micrófono pasa a un amplificador de audio que le proporciona el nivel adecuado. A continuación esta señal transcurre por un recortador de todo exceso de amplitud que asegura que no se sobrepasará la desviación normalizada por más que se chille ante el micrófono y que va dotado del correspondiente filtro de armónicos y espurias que normalmente produce todo recorte, para entregar así una señal de audio limpia y sin distorsión al modulador, en este caso al elemento de reactancia variable con la tensión aplicada (diodo varicap, por ejemplo) y que forma parte del tanque de un circuito oscilador.

Puesto que no existe alteración de amplitud con la modulación, la señal de FM puede ser amplificada por un amplificador de clase C sin sufrir distorsión, de manera que el proceso modulador puede tener lugar con ínfima potencia y en frecuencia inferior, amplificándose luego la señal a través de circuitos multiplicadores de frecuencia.

Si la señal modulada transcurre a través de circuitos multiplicadores de frecuencia, como en el esquema de la figura, el índice de modulación se ve multiplicado por igual factor que la frecuencia. Si la señal de onda portadora modulada generada por el oscilador de la figura es de 18 MHz y la frecuencia de emisión es de 144 MHz, el factor de multiplicación total será de 8, con lo que si la señal de audio era de 500 Hz sobre los 18 MHz, será de 4 kHz en 144 MHz. De esta forma la multiplicación de frecuencia permite obtener prácticamente cualquier

desviación de frecuencia final y actuar en el modulador con una desviación muy inferior y más sencilla de lograr, sin peligro de distorsiones.

Tras el modulador se halla el paso final o amplificador de potencia en clase C para el mayor rendimiento, cuya salida transfiere la señal modulada a la antena para su radiación.

Clases A y B

Emisión radiotelegráfica: diversas clases

Emisión radiotelegráfica: diversas clases A-B

Pertenece a la radiotelegrafía toda radiocomunicación realizada por medio del Código Morse o algún otro sistema parecido de señal codificada, como el de radioteletipo,. Los reglamentos internacionales reconocen SIETE clases de emisión radiotelegráfica:

A1A. Telegrafía Morse sin modulación por audiofrecuencia (manipulación por interrupción de portadora).

A1B. Telegrafía para recepción automática sin modulación por audiofrecuencia.

A2A. Telegrafía Morse con manipulación por interrupción de la subportadora moduladora.

A2B. Telegrafía para recepción automática con manipulación por interrupción de la subportadora moduladora.

F1A. Telegrafía Morse con manipulación por desviación de frecuencia, sin modulación por una audiofrecuencia; se emite siempre en una de las dos frecuencias.

F2A. Telegrafía Morse con manipulación por interrupción de una audiofrecuencia moduladora de frecuencia o con manipulación por interrupción de la emisión modulada en frecuencia.

F2B. Telegrafía para recepción automática con manipulación por interrupción de una audiofrecuencia moduladora de frecuencia o con manipulación por interrupción de la emisión modulada en frecuencia.

K1A. Telegrafía con manipulación por interrupción de una portadora transmitida por impulsos, sin modulación por una audiofrecuencia.

K2A. Telegrafía con manipulación por interrupción de una o más audiofrecuencias de modulación o con manipulación por interrupción de una portadora de impulsos modulados, audiofrecuencia o audiofrecuencias modulando la amplitud de los impulsos.

L2A. Telegrafía con manipulación por interrupción de una o más audiofrecuencias de modulación o con manipulación por interrupción de una portadora de impulsos modulados, audiofrecuencia o audiofrecuencias modulando la anchura (o la duración de los impulsos).

F1D. Transmisión de datos con manipulación por desviación de frecuencia, sin modulación por una audiofrecuencia.

F2D. Transmisión de datos con manipulación por interrupción de una audiofrecuencia moduladora de frecuencia.

De todas ellas, las clases A1 (CW o *Continuous Wave*), F1 (radiote-

letipo FSK o *Frequency Shift Keying*) y F2 (radioteletipo AFSK o *Audio Frequency Shift Keying*) son las utilizadas por los radioaficionados.

La radiotelegrafía A1 (CW) es la más universalmente popular en las comunicaciones de radioaficionado por su alta efectividad y sencillez técnica. El proceso mediante el cual se interrumpe una señal de radio frecuencia para codificar un mensaje por medio de "puntos y rayas" recibe el nombre de "manipulación en todo o nada". El dispositivo codificador es el manipulador telegráfico al que modernamente suele substituir un sistema automatizado.

El transmisor radiotelegráfico puede ser de lo más sencillo, estando constituido por un oscilador, una etapa excitadora-separadora y un paso final de potencia, como está mostrado en (A) de la Fig 1 (aquí la Fig. 38.R).

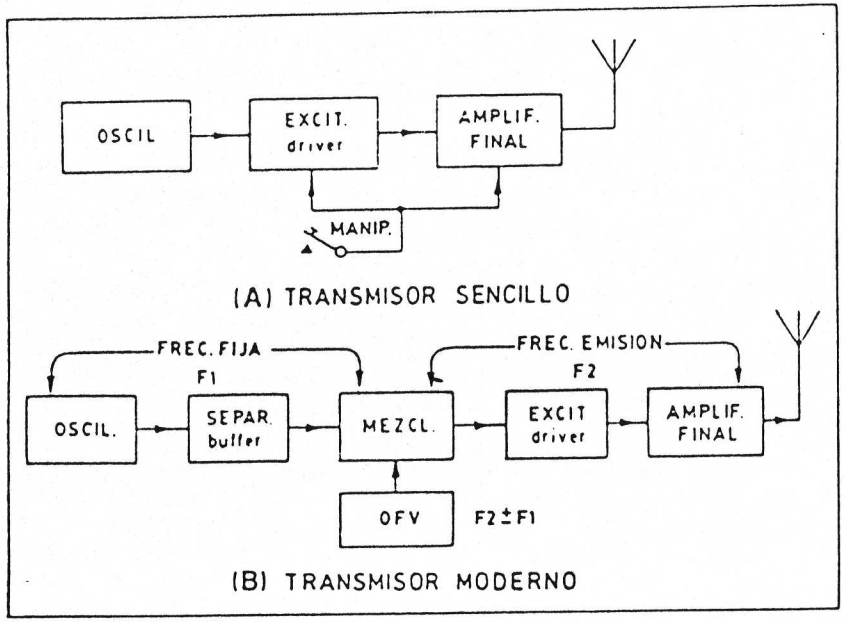


Fig. 38.R - Transmisores radiotelegráficos (clase A1)

El oscilador puede ser a cristal, de frecuencia fija, o bien de frecuencia variable (OFV). El excitador o *driver* es un amplificador, doblador o no, cuya misión es proporcionar suficiente señal para la excitación del paso final que transfiere su energía a la antena. La manipulación tiene lugar en uno o en los dos últimos pasos citados, procurando no hacerla en el oscilador, por cuanto repercute negativamente en la estabilidad de frecuencia del mismo.

El transmisor radiotelegráfico moderno (B) está constituído por un oscilador de frecuencia fija y alta estabilidad que proporciona una señal F1 de radiofrecuencia elevada aunque no todavía la de emisión, que a través de una etapa separadora (buffer) para conservar la máxima estabilidad posible, se lleva a un mezclador al que concurre la señal de frecuencia inferior generada por el oscilador maestro o de sintonía, un OFV, que al trabajar en una frecuencia muy inferior a la de emisión, facilita la sintonía de la banda de trabajo en las mejores condiciones de linealidad y estabilidad.

Del mezclador sale la señal suma o diferencia de las concurrentes y que es ya la frecuencia de emisión, F2, que transcurre a través de una etapa excitadora y finalmente a través del amplificador final de potencia hacia la antena. Este sistema (B) es, evidentemente, más estable, con una notable mejora de manejo.

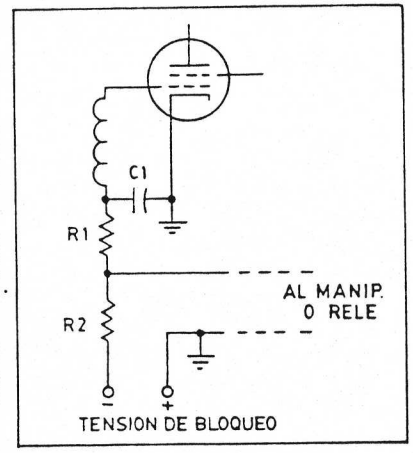


Fig. 39.R - Manipulación por bloqueo de rejilla.

En la emisión radiotelegráfica la manipulación tiene una gran importancia La codificación en todo o nada no deja de ser una forma de modulación por amplitud y como tal genera bandas laterales cuya separación de la portadora (anchura de banda) es proporcional a la velocidad de manipulación o transmisión. A la velocidad de 12 palabras por minuto corresponde una anchura de banda teórica de 10 Hz.

Si la manipulación no está convenientemente tratada, la forma de la misma equivale a una onda portadora modulada por una onda cuadrada que genéricamente contiene un gran número de armónicos. Estos armónicos crean bandas laterales que abarcan muchos kilohertz a cada lado de la portadora y que se conocen con el nombre de "clicks de manipulación". Alargando los tiempos de elevación y caída de la onda de manipulación a más de 5 milisengundos mediante el circuito apropiado, la anchura de la banda de emisión queda reducida a 100 Hz, lo que teóricamente puede permitir velocidades de manipulación de hasta 120 palabras por minuto, si bien en la práctica este tiempo de caída se utiliza para velocidades de 40 a 50 palabras por minuto para que la señal no suene demasiado "blanda".

Si se permite que la señal de radiofrecuencia de salida por antena pase instantáneamente de cero a máxima potencia y viceversa, se generan "clicks" de manipulación a cada lado de la frecuencia de transmisión en el instante en que se abre o se cierra el manipulador. Para evitar esta interferencia a los canales adyacentes, se utilizan

los circuitos de "manipulación por bloqueo de rejilla" en el paso excitador (driver) de los que es una sencilla representación el mostrado en la figura 2 (aquí Fig. 39.R) en el que R1 es la resistencia normal de polarización de rejilla y en el que la tensión de bloqueo (que impide el paso de electrones hacia la placa) debe tener un valor varias veces superior al de polarización normal de la rejilla. El manipulador o el relé de manipulación cortocircuita a R2 y toda la tensión negativa de bloqueo queda aplicada a la rejilla a través de R1 y R2. Al cerrar el manipulador, el extremo superior de R2 queda conectado a masa y toda la tensión de bloqueo cae en este resistor, mientras que R1, cuyo extremo inferior queda también unido a masa, proporciona la adecuada polarización de conducción de la rejilla. El click de cierre de contacto se anula dando a C1 un valor elevado y el click de apertura se anula dando a R2 un valor también elevado. Por regla general el valor de R2 es de 5 a 20 veces el de R1.

Los Reglamentos imponen que la frecuencia de la señal emitida sea tan estable como lo permita el estado de la técnica. Al deslizamiento o variación lenta de la señal emitida con el manipulador presionado se le denomina "deriva" o *drift* y se debe generalmente al efecto térmico o de aumento de temperatura del oscilador maestro del emisor.

A la variación rápida de frecuencia percibida en cada señal, en cada punto o raya emitida, se le denomina "chirrido" o *chirp* haciendo que la señal suene al oído de forma muy parecida al gorjeo de un pájaro. Se debe a que la carga o las tensiones de alimentación del oscilador maestro no permanecen constantes, se alteran al apretar y soltar el manipulador y para evitar esta interferencia se utilizan los pasos separadores y se procura no manipular nunca en el paso oscilador.

La chispa entre los contactos del manipulador ocasiona un click de radiofrecuencia capaz de interferir un amplio margen del espectro. Se evita con un condensador de poca capacidad en paralelo con el contacto del manipulador o del relé de manipulación y en ocasiones se añade un pequeño choque de radiofrecuencia en serie con el manipulador, además del condensador en paralelo (todo esto dentro del propio emisor, justo en el conector de manipulador o "key".

Como "break-in" o QSK se conoce al sistema de transmisión radiotelegráfica que permite la recepción del corresponsal entre los impulsos de la propia transmisión y por lo tanto que éste puede interrumpir la transmisión en cualquier momento de la misma. El ajuste fino del VOX de los modernos transceptores de BLU puede proporcionar la modalidad llamada "semi-break-in" que permite la escucha del corresponsal en las separaciones entre palabras (no entre signos o letras) de la propia emisión.

Radioteletipo

El radioteletipo o RTTY es una forma de comunicación radiotelegráfica que utiliza una máquina parecida a la de escribir para generar un grupo de impulsos eléctricos codificados. Cuando se pulsa una determinada tecla correspondiente a una letra o símbolo, se transmite un determinado grupo de impulsos codificados, grupo que al ser recibido se convierte en el correspondiente caracter impreso en una cinta o en una hoja de papel por el propio teletipo.

El mensaje que debe ser enviado se mecanografía sobre un teclado de máquina de escribir, peró la impresión se realiza a distancia, en el punto de recepción. El teletipo situado en el punto de transmisión puede, igualmente, imprimir el mensaje a medida que lo transmite y recibir e imprimir cualquier respuesta.

En la actualidad la máquina electromecánica que es en sí el teletipo se ha visto substituída por un terminal de vídeo en la recepción (unido a un teleinscriptor si interesa) junto a un simple teclado silencioso para la emisión. Uno u otro sistema dan como resultado la esquematización de la instalación mostrada en la figura (Fig. 40.R).

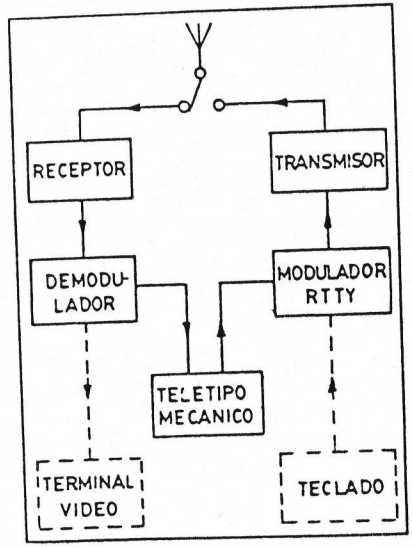


Fig. 40.R - Esquema de un sistema de radioteletipo.

La codificación consiste aquí en impulsos de señal o de silencio llamados "marca" y "espacio" de 22 milisegundos de duración que se combinan en secuencias de cinco impulsos para formar las letras y los signos. Cada grupo de cinco impulsos comienza por un START o impulso inicial de silencio y su final viene señalado por una marca o impulso de señal de 3 milisegundos de duración, de forma que la transmisión de cualquier caracter se realiza siempre en 163 milisegundos. La figura 2 (aquí la Fig. 41.R) muestra muy claramente la codificación de la letra "G" (espacio-marca-espacio-marca-marca).

A la vista de esta última figura es evidente que el sistema de manipulación del teletipo puede ser en "todo o nada" como en la transmisión del código Morse. Sin embargo en la práctica se prefiere el sistema FSK o de manipulación por deslizamiento de frecuencia (impulsos de una frecuencia portadora determinada para las marcas y de frecuencia ligeramente distinta para los espacios) porque define mejor los impulsos, no es susceptible a las interferencias y se sim-

plifica la inscripción.

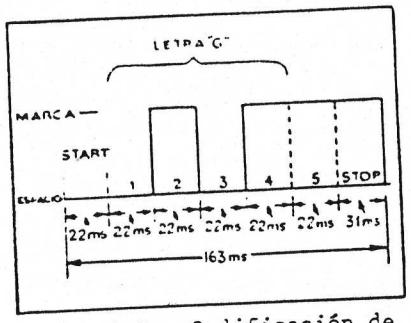


Fig. 41.R - Codificación de teletipo (marca-espacio).

Otro sistema generalmente reservado a las bandas de VHF, es el denominado AFSK o de manipulación por variación de audiofrecuencia. Aquí se transmite continuamente la portadora de radiofrecuencia y la transmisión de impulsos tiene lugar por el deslizamiento de frecuencia (FM) que proporcionan dos tonos de audio, uno de 2125 Hz para la marca y otro superior de 2.975 Hz para el espacio, con una desviación de 850 Hz.

Por debajo de los 50 MHz las emisiones se efectúan en la modalidad F1 (FSK). Se emite constantemente la onda portadora pero su frecuencia varía a dos valores concretos respectivamente representativos de la marca y el espacio. Por regla general la desviación suele ser de 170 Hz.

Los contactos del teclado controlan circuitos de corriente continua que activan los electroimanes del teletipo electromecánico o la secuencia lógica de un microcircuito digital en las más modernas instalaciones. La acción FSK o moduladora de frecuencia por los impulsos se obtiene a través de un diodo de conmutación que inserta o retira un condensador en el circuito tanque del oscilador de precisión que luego mezclará su señal con la del oscilador variable (OFV) para obtener la frecuencia de emisión.

Clases A y B

[1]Radiaciones no esenciales de un transmisor: modo de reducirlas - Valores límites - Filtro de salida a la antena - Esquema de bloques de diversos tipos de transmisores - Sintonización y ajuste - Indicadores

[1]Clase C

Radiaciones no esenciales.

[1]Radiaciones no esenciales en un transmisor: modo de reducirlas A-B-C

Las radiaciones no esenciales son aquéllas que no siendo necesarias para el transporte de la inteligencia de una comunicación, acompañan a la emisión y ocupan innecesariamente una parte del espectro, pudiendo causar una interferencia a otras comunicaciones en curso. Pueden

ser de tres clases:

- radiación armónica
- radiación de frecuencias parásitas
- radiación de productos de sobremodulación (splatter).

Estas radiaciones no esenciales, cuando ocurren e interfieren, suelen tener lugar a través de la antena, pero a veces también se originan en el propio transmisor o en los conductores que emanan del mismo como los de alimentación (red o baterías) micrófono, manipulador, altavoz en los transceptores, etc.) y que conviene prevenir con el uso de filtros de salida y de conductores blindados.

Radiación armónica - Por frecuencias armónicas se entienden aquéllas que son múltiplos exactos de la frecuencia fundamental en que debe realizarse la emisión. Son frecuencias "subarmónicas" las resultantes de dividir la frecuencia de emisión o fundamental por cualquier número entero. Desgraciadamente no existe el transmisor perfecto capaz de generar una señal pura, sin la compañía de armónicos.

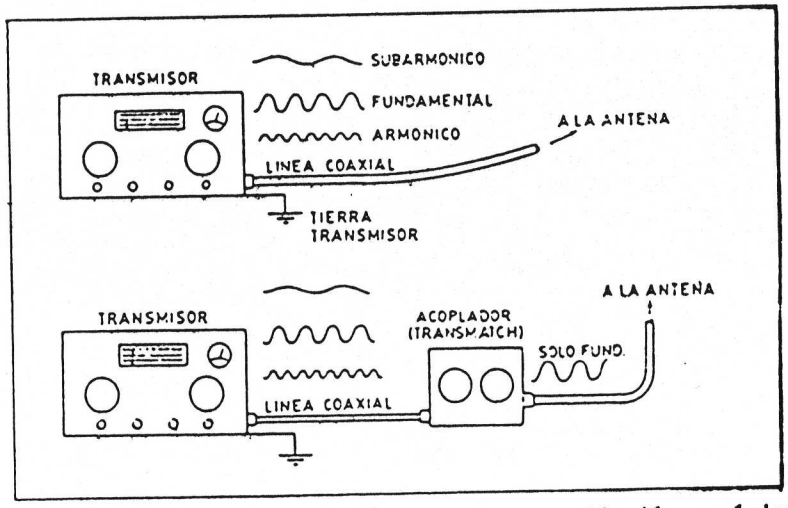


Fig. 42.R.- Presencia y supresión de la radiación armónica.

La radiación armónica puede tener su origen en el propio transmisor o en la antena. La primera puede evitarse o al menos reducirse a un nivel aceptable mediante un buen blindaje del transmisor, la instalación de filtros adecuados en los conductores que emanan del mismo y una cuidada funcionalidad y sintonía del paso final y de su acoplamiento a la antena.

La manera más eficaz de evitar la radiación armónica por antena consiste en la instalación de un "acoplador de antena" o "transmatch" que

al estar constituído por circuitos sintonizados pasivos, éstos actúan como filtros, además de proporcionar el valor de impedancia de carga adecuado al extremo de la línea de alimentación de antena unido al transmisor, procurando la máxima transferencia de energía. La presencia de armónicos a la salida del transmisor y la instalación y efecto filtro del acoplador está gráficamente mostrado en la figura (aquí la Fig. 41.B). También se recurre y es efectiva la instalación de un filtro pasa-bajos a la salida del transmisor, como más adelante se detalla.

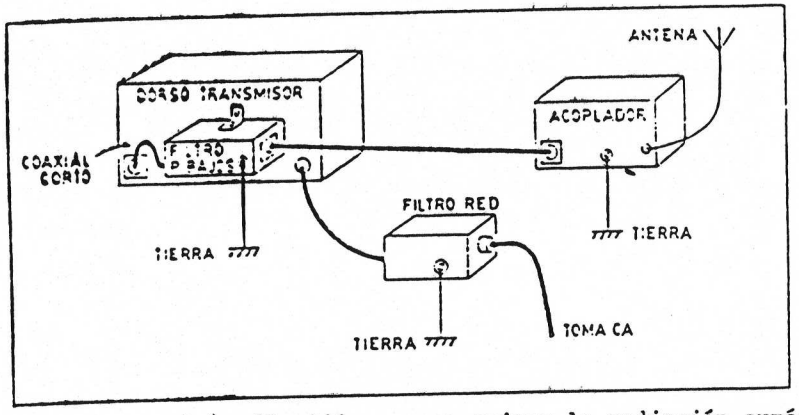


Fig. 41.B - Instalación idónea para evitar la radiación armónica.

En conclusión, y de acuerdo con la figura, la mejor prevención contra la radiación armónica de un transmisor de radioaficionado será:

1) Presencia del filtro pasa-bajos montado sobre el panel posterior del propio transmisor o transceptor, de manera que la conexión entre la salida de antena y la entrada del filtro pueda realizarse con la menor longitud posible de cable coaxial, y las masas de transmisor y filtro se confundan.

2) Presencia del acoplador de antena o "transmatch" entre filtro y línea de antena (con lo que el filtro siempre tendrá la misma impedancia de salida o carga).

3) Presencia del filtro de red (alimentación del transmisor por CA) en prevención de cualquier escape y radiación por los conductores de alimentación.

Radiación parásita - Es la que tiene lugar en frecuencias que no están armónicamente relacionadas con la frecuencia fundamental o de emisión y que se deben a defectos constitucionales o funcionales (mala sintonía) de los pasos finales o de potencia de los transmisores. Pueden evitarse con un buen diseño, una cuidada sintonía del sistema de antena a través de acoplador que no permita excesos de corriente y, en su caso, la adecuada inserción de filtros

resonantes o choques antiparasitarios (bobina-resistencia en paralelo) en serie con los conductores de salida de señal en los pasos finales de potencia de los transmisores (junto al casquillo de placa, en la parte superior, si se trata de válvulas).

Evidentemente las precauciones contra la radiación armónica con circuitos sintonizados mencionadas anteriormente actuarán también contra cualquier radiación parásita.

Radiación de productos de sobremodulación (splatter) - Radiación no esencial que ocupa e interfiere los canales adyacentes y que es propia de los transmisores de fonía (especialmente de banda lateral única). Se debe a la sobremodulación por la presencia de picos de audio de amplitud excesiva originada casi siempre por el manejo o posición incorrecta del mando de control o ganancia de micrófono ante el deseo de obtener una mayor lectura en el instrumento de medida de la salida o de la corriente del paso final, que en nada favorece al alcance y legibilidad de la emisión. Se le llama también "salpicadura de banda lateral".

Es la radiación no esencial más fácil de corregir puesto que la simple disminución de la amplitud de la señal de micrófono por medio del mando dispuesto a este propósito al nivel adecuado (indicado en el Manual de Instrucciones del transmisor) corrige totalmente este defecto.

Una radiación no esencial e interferente parecida al "splatter" se produce en los transmisores de Morse cuando el circuito de manipulación produce contactos y cortes abruptos (clicks) o cuando la suciedad de los contactos del manipulador da lugar a chispas de ruptura. Ambos defectos (una vez limpios los contactos) deben evitarse con los correspondientes condensadores de absorción y filtros adecuados que modifiquen la constante de tiempo de la subida y bajada de la onda de manipulación.

Valores límites A-B

En ningún caso la potencia media de toda radiación no esencial deberá ser superior a:

Frecuencias inferiores a 30 MHz: 40 dB (40 decibelios) por debajo de la potencia media dentro de la anchura de banda necesaria, sin exceder de 50 milivatios.

Frecuencias entre 30 y 235 MHz: 60 dB (60 decibelios) por debajo de la potencia media dentro de la anchura de banda necesaria, cuando dicha potencia es superior a 25 vatios, sin exceder de 1 milivatio; o 40 dB (40 decibelios) por debajo de la potencia media dentro de la anchura de banda necesaria cuando ésta es igual o inferior a 25 vatios, sin exceder de 25 microvatios.

Frecuencias entre 235 y 960 MHz: 60 dB (60 decibelios) por debajo de la potencia media dentro de la anchura de banda necesaria, cuando dicha potencia es superior a 25 vatios, sin exceder de 20 milivatios; o 40 dB (40 decibelios) por debajo de la potencia media cuando ésta es igual o inferior a 25 vatios, sin exceder de 25 microvatios.

Filtro de salida a la antena

A-B

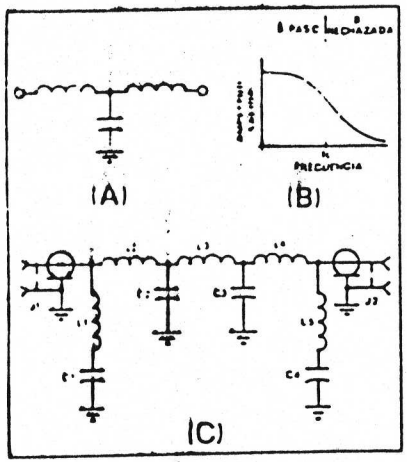


Fig. 44.R - Filtro de salida a la antena para evitar la radiación armónica.

Es un filtro pasa-bajos con la misión de impedir el paso o atenuar fuertemente todas las frecuencias por encima de la frecuencia de corte (algo superior a la frecuencia más alta de trabajo) sin afectar o atenuar a las frecuencias por debajo de la de corte, entre las que se hallarán las fundamentales de la transmisión. Evita así la radiación armónica no esencial o cuando menos la reduce a valores insignificantes siendo su efecto tanto más notable cuantas más células contiene.

Esta formado por células LC. La figura (aquí la Fig. 44 .R) muestra en A la constitución elemental de este filtro pasa-bajos junto con su respuesta (B) en la que se distingue la "frecuencia de corte", fc que separa la banda de paso de la banda rechazada. En C se muestra el esquema de un filtro real de salida de antena.

Estos filtros deben diseñarse cuidadosamente para igual impedancia que la característica de la línea coaxial en la que deben intercalarse y sólamente deben utilizarse en líneas que trabajen con una reducida relación de estacionarias (ROE).

Como sea que pierden efectividad cuando se ve alterado el valor de impedancia de entrada (emisor) y de salida (línea), su mayor rendimiento se obtiene cuando actúan conjuntamente con el acoplador de antena reforzando la propia acción de filtro de este último y, además, se hallan montados sobre el propio chasis o cuerpo del transmisor, haciendo masa común con el mismo.

Esquema de bloques de diversos tipos de transmisores. Sintonización y ajuste - Indicadores.

A-B

Las figuras A, B, C, D, E, F y G (aquí la Fig. 45.R) muestran los esquemas de bloques de los diversos tipos de transmisores utilizados por los radioaficionados. En cada uno de ellos se señalan los mandos principales y los indicadores o instrumentos de medida, así como el lugar o la etapa en que están situados, para la sintonización y ajuste.

La reglamentación vigente exige que todos los ensayos que no precisen de una radiación desde la antena (como la sintonización y ajuste hasta el circuito de acoplamiento a la misma) se realicen sobre una antena ficticia o carga artificial *(dummy load)* no radiante.

La antena ficticia es simplemente una resistencia de alta disipación (la suficiente para la potencia de salida de cada transmisor en particular) que presenta un valor de impedancia fijo e invariable, no sensible a la frecuencia, e igual al que verá el transmisor cuando se halle conectado a la antena real resonante a través de la línea de alimentación de la misma (coaxial de 52 o de 75 ohmios). Conectada a la salida del transmisor, resulta extremadamente práctica para toda clase de pruebas y para delatar cualquier defecto del sistema de antena real.

ANTES DE PROCEDER A LA SINTONIA Y AJUSTE DE CUALQUIER TRANSMISOR O TRANSCEPTOR ES IMPRESCINDIBLE UNA DETENIDA LECTURA DE SU MANUAL DE INSTRUCCIONES.

En dicho Manual se hallarán las instrucciones precisas para su manejo que habrá que seguir al pie de la letra. Cuanto aquí sigue son instrucciones y comentarios generalizados que DE NINGUNA MANERA pueden suplir o prevalecer sobre lo indicado en dicha lectura.

En cualquier clase de transmisor, y con excepción de la selección de frecuencia que se realiza por el mando del oscilador maestro, el ajuste más importante es siempre la sintonía y carga correcta del amplificador final de potencia, por ser el más peligroso y susceptible de dañarse o de producir interferencias. Muchos emisores intentan evitar estos peligros mediante una posición de su selector de funciones denominada "SINTONIA" o "TUNE" en el que automáticamente queda limitada la potencia del paso final durante las operaciones de ajuste. Cuando no existe esta posición, se utiliza la de telegrafía (CW) para controlar con el manipulador el tiempo de activación del emisor, siempre lo más corto posible que permita las lecturas necesarias, hasta tanto no se halle sintonizado (generalmente nunca más de cinco segundos).

Una vez que se ha puesto en marcha el transmisor, se ha seleccionado la frecuencia de sintonía y se ha dejado transcurrir el tiempo

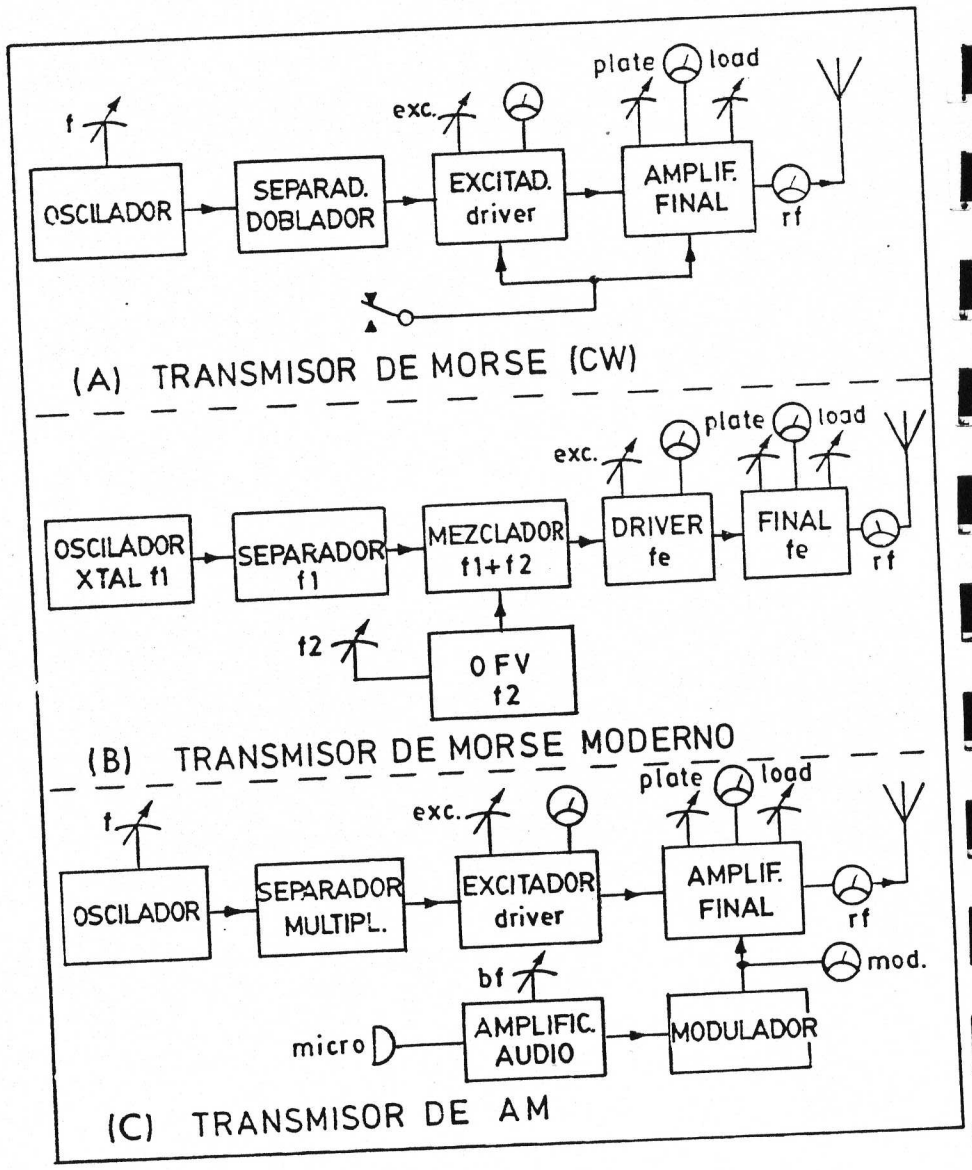
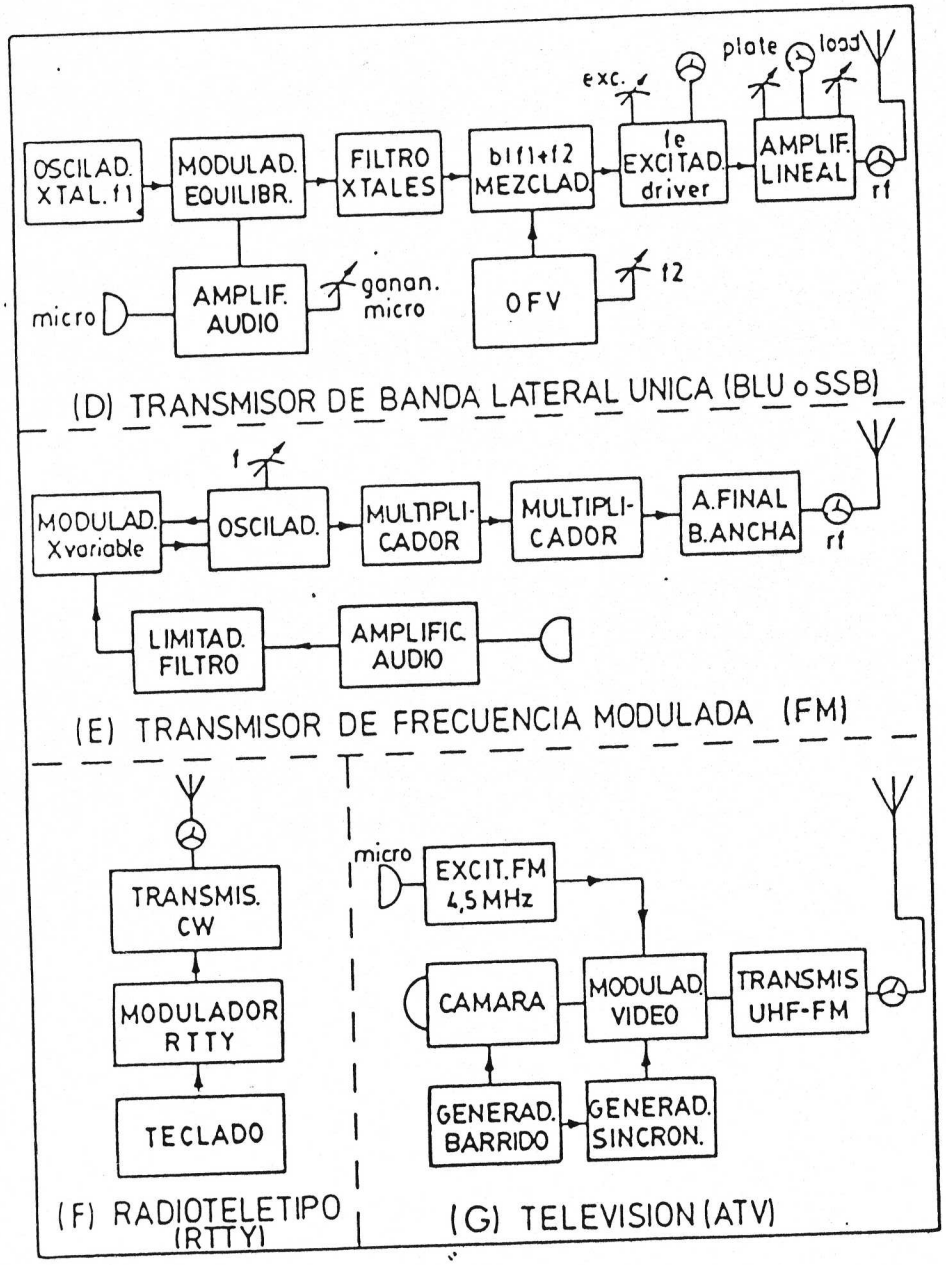


Fig. 45.P - Esquemas de bloques de diversos tipos de transmisores.



de caldeo, se sitúa el mando de carga (LOAD) en su posición de mínimo y se gira lentamente el mando excitador (DRIVE) en busca de alguna lectura o reacción en el correspondiente instrumento de medida (que puede ser uno solo conmutado). La presencia de corriente de excitación puede denotarse también por el instrumento que mide la corriente de placa o colector del paso final, debiendo tener cuidado de no sobrepasar en ningún momento la intensidad máxima permisible (indicada por el fabricante en el Manual).

Una vez obtenida la presencia de excitación, en la posición TUNE o con el manipulador presionado en CW, se gira lentamente el mando PLATE (o TUNING) del paso final. En un determinado punto de su recorrido deberá observarse un brusco bache de la lectura del instrumento, un retroceso del que la aguja se recuperará rápidamente si no se detiene el movimiento del mando (bache de la resonancia).

A partir de aquí ES ESENCIAL que se mantenga siempre la resonancia del paso final (lectura mínima del instrumento, en el fondo del bache). La disminuída corriente de resonancia impide que toda la energía presente en el componente activo del paso final sea peligrosa, pero todavía no se transfiere la energía adecuada a la antena. El movimiento del mando LOAD o carga permitirá ahora esta transferencia. Bastará avanzar un tanto su giro hacia la posición de máxima carga, para observar que el instrumento aumenta su lectura en una acción refleja al quedar desintonizado el tanque del amplificador final al variar la carga. El ajuste consistirá ahora en la acción conjunta de los mandos LOAD y PLATE con lentos y cortos movimientos de giro o retoque, haciendo que:

EL MANDO LOAD PROPORCIONE UN AUMENTO DE LECTURA QUE NUNCA SOBREPASE AL DE REGIMEN INDICADO EN EL MANUAL, Y EL MANDO PLATE REDUZCA SEGUIDAMENTE LA LECTURA AL MINIMO POSIBLE, Y ASI SUCESIVAMENTE,

hasta que la lectura del mínimo de resonancia iguale a la intensidad de regimen especificada para el transmisor de que se trate. Podrá observarse que cada nueva lectura mínima obtenida con el mando PLATE es superior a la mínima anterior al último movimiento aumentativo del mando LOAD.

Puede ocurrir, en un momento determinado, que no se obtenga ya aumento de la corriente en el bache de resonancia sin haber alcanzado todavía el valor límite de regimen. Probablemente que por acción refleja, el mando de excitación (DRIVER) se habrá desintonizado. Avanzando o retocando dicho mando, la corriente del bache aumentará hasta el valor de regimen, debiendo cuidar de que no se sobrepase por una posición demasiado avanzada o incorrecta del DRIVE.

Un retoque final de los mandos LOAD y PLATE (O TUNING) del paso final, completará la operación de sintonía y ajuste del transmisor.

(Fin de la Segunda Parte)

SOLUCIONES A LOS CUESTIONARIOS-TEST DE REPASO

(Incluídos en el Tomo V - Apéndice Tests y que se refieren exclusivamente a este Tomo II)

CLASE C

1/II - C	11/II - B	21/II - C	31/II - C
2/II - D	12/II - D	22/II - D	32/II - A
3/II - C	13/II - D	23/II - A	33/II - C
4/II - B	14/II - A	24/II - A	34/II - D
5/II - A	15/II - B	25/II - D	35/II - B
6/II - A	16/II - D	26/II - B	36/II - C
7/II - D	17/II - B	27/II - D	37/II - C
8/II - C	18/II - C	28/II - A	38/II - D
9/II - D	19/II - A	29/II - C	39/II - A
10/II - C	20/II - B	30/II - B	40/II - C

CLASES A Y B

41/II - D	51/II - C	61/II - C	71/II - B	81/II - B
42/II - A	52/II - B	62/II - D	72/II - A	82/II - D
43/II - C	53/II - B	63/II - D	73/II - B	83/II - D
44/II - D	54/II - A	64/II - B	74/II - C	84/II - A
45/II - D	55/II - B	65/II - B	75/II - D	85/II - C
46/II - B	56/II - A	66/II - D	76/II - B	86/II - D
47/II - A	57/II - B	67/II - A	77/II - B	87/II - A
48/II - C	58/II - D	68/II - A	78/II - D	88/II - C
49/II - A	59/II - B	69/II - C	79/II - D	89/II - B
50/II - A	60/II - C	70/II - C	80/II - D	90/II - A

* * * * *